

# THORUS

AUTONOMNÍ KONTEJNEROVÝ MANIPULÁTOR

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta architektury  
**2/ ZADÁNÍ diplomové práce**

Mgr. program navazující

jméno a příjmení: Jan Stárek

datum narození: 21.9.1996

akademický rok / semestr: 2020/2021 / letní semestr  
 obor: Design  
 ústav: Ústav designu  
 vedoucí diplomové práce: MgA. Martin Tvarůžek

téma diplomové práce: Design pracovního stroje  
 viz přihláška na DP

zadání diplomové práce: Autonomní kontejnerový manipulátor  
 1/ popis zadání projektu a očekávaného cíle řešení

Autonomní kontejnerový manipulátor zvyšující efektivitu a bezpečnost v přístavech a překladištích

2/  
 Pro AU/ součástí zadání bude jasné a konkrétně specifikovaný stavební program  
 Pro D/ součástí zadání budou jasné a konkrétně specifikované jednotlivé fáze projektu, které jsou nezbytnou součástí řešení

Analytická část, formulace vize, návrhový proces + vizualizace, model

3/ popis závěrečného výsledku, výstupy a měřítka zpracování

Portfolio 2x (A3 na šířku)  
 Výkres  
 Model v měřítku (měřítko bude specifikováno během vývoje)  
 1x CD elektronická data DP

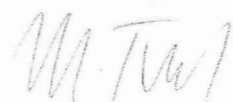
4/ seznam dalších dohodnutých částí projektu (model)

Model v měřítku (měřítko bude specifikováno během vývoje)

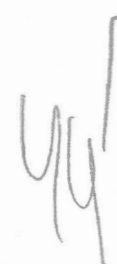
Datum a podpis studenta 1.3.2021



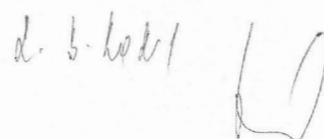
Datum a podpis vedoucího DP 2.3.2021



Datum a podpis děkana FA ČVUT



registrováno studijním oddělením dne



01 -03- 2021

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
**FAKULTA ARCHITEKTURY**

**AUTOR, DIPLOMANT:** Bc. Jan Stárek  
 AR 2020/2021, ZS

**NÁZEV DIPLOMOVÉ PRÁCE:**  
 (ČJ) KONCEPT AUTONOMNÍHO KONTEJNEROVÉHO MANIPULÁTORU  
 (AJ) CONCEPT OF AUTONOMOUS CONTAINER HANDLER

**JAZYK PRÁCE:** ČESKÝ JAZYK

**Vedoucí práce:** MgA. Martin Tvarůžek **Ústav:** Ústav Designu  
**Oponent práce:** MgA. Tomáš Saran

**Klíčová slova (česká):** Průmyslový design, kontejnerová manipulace, vize budoucnosti, autonomní technologie, kontejnerové terminály

**Anotace (česká):** Diplomová práce se zabývá vývojem kontejnerové přepravy, analýzou fungování kontejnerových terminálů a jejich vizí do budoucnosti. Práce obsahuje designérský návrh konceptu autonomního kontejnerového manipulátoru, který reaguje na potřeby navýšování skladovacích prostor, efektivitu a bezpečnost práce.

**Anotace (anglická):** The diploma thesis deals with the development of container transportation, analysis of container ports and their future visions. The thesis contains a concept design of autonomous container handler which reacts to the trend of increasing storage spaces, efficiency and safety.

**Prohlášení autora**

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s „Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

V Praze dne: 21.5.2021



|                          |         |
|--------------------------|---------|
| ANOTACE                  | 6       |
| KLÍČOVÁ SLOVA            | 6       |
| PODĚKOVÁNÍ               | 7       |
| ÚVOD                     | 8       |
| ANALYTICKÁ ČÁST          | 9 - 30  |
| VÝSTUP ANALÝZY           | 31      |
| FORMULACE VIZE PROJEKTU  | 32      |
| PROCES NÁVRHU            | 33 - 39 |
| SYNTÉZA - VÝSLEDNÝ NÁVRH | 40 - 64 |
| ZÁVĚR                    | 65      |
| ZDROJE                   | 66 - 67 |



## ANOTACE

Diplomová práce se zabývá vývojem kontejnerové přepravy, analýzou fungování kontejnerových terminálů a jejich vizí do budoucnosti. Práce obsahuje designérský návrh konceptu autonomního kontejnerového manipulátoru, který reaguje na potřeby navyšování skladovacích prostor, efektivitu a bezpečnost práce.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Průmyslový design, kontejnerová manipulace, vize budoucnosti, autonomní technologie, kontejnerové terminály

## ANNOTATION

The diploma thesis deals with the development of container transportation, analysis of container ports and their future visions. The thesis contains a concept design of autonomous container handler which reacts to the trend of increasing storage spaces, efficiency and safety.

## KEY WORDS

Industrial design, container manipulation, future visions, autonomous technology, container ports

## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce MgA. Martinu Tvarůžkovi a Ing. Tomáši Blahovi za vedení, cenné rady a připomínky během zpracovávání této diplomové práce. Také bych chtěl poděkovat své manželce a rodině za podporu.

## ÚVOD

Při výběru tématu pro svou diplomovou práci jsem zvažoval několik směrů. Nakonec převážil směr logistiky - navedly mě k tomu problémy spojené s přepravou velkého množství zásilek během pandemie. Zprvu jsem přemýšlel nad různými druhy vysokozdvihných vozíků a autonomních plošin, které se pohybují po skladech a výrobních halách. Následně jsem se začal dívat i po větších strojích a došel jsem až k přístavům, kontejnerové přepravě a manipulaci. Po prozkoumání tématu jsem zjistil, že tato oblast je po inovační stránce, oproti jiným oblastem v logistice, docela pozadu. Manipulátory se od svého vzniku takřka nezměnily a až v posledních letech se začínají řešit alternativní pohony, kterými jsou elektřina a vodík. Z řady výrobců, kteří se v kontejnerové manipulaci pohybují, je nejvýraznější firma Kalmar Global. Ta jako jediná veřejně představuje vize pro budoucnost, na kterých pracuje společně s designéry.

Cílem diplomové práce je tedy koncepční designérský návrh autonomního kontejnerového manipulátoru, jehož pracovním prostředím jsou přístaviště a terminály. Stroj bude schopný pracovat celoročně a díky jeho nasazení se navýší skladovací kapacita a efektivita práce. Z analytické části, která se zabývá jak stručnou historií, tak rozbořením prostředí a autonomní technologií, vzešly požadavky na výsledný návrh. Důraz bude kladen na tvarosloví odpovídající pracovnímu prostředí a typu stroje, odolnost, ergonomii a komunikaci stroje s okolím. Koncept je zařazen do doby, kdy bude autonomita v běžném provozu častější a v uzavřených prostředích, jako jsou přístaviště a terminály, samozřejmostí. Tuto dobu je možné odhadovat na rok 2030.



# ANALYTICKÁ ČÁST

## STRUČNÝ HISTORICKÝ PŘEHLED KONTEJNEROVÉ DOPRAVY

V minulosti byla přeprava značně neefektivní a riziková. Zboží se přepravovalo ve formě tzv. break bulk cargo. To znamenalo, že lidé naskládali svůj náklad, ať už to byly dřevěné bedny různých rozměrů, pytle s potravinami či sudy s vínem na koňský povoz, později nákladní auto, a dovezli ho na nádraží. Zde bylo potřeba vše přeložit na vlak, který pokračoval do přístavu a náklad se opět překládal na loď. Po příplutí do cílové destinace se proces opakoval, pouze v opačném pořadí. Tento způsob přepravy měl mnoho negativ. Překládání nákladů různých velikostí bylo časově a personálně náročné. Zároveň se na lodích nevyužívala jejich maximální možná kapacita a bylo náročné vše dobře a bezpečně ukotvit. To vedlo ke krádežím a při nepřízní počasí k možnému poškození nákladu.

Koncem 18. století se začaly používat první menší přepravní kontejnery, které využívaly kombinaci materiálů dřeva a kovu. Nevýhodou ale bylo, že každá přepravní společnost využívala svůj typ kontejneru, a tak nebylo možné plně využívat intermodální přepravu - tedy přepravu, při níž je možné kontejnery přepravovat v nezměněném stavu jak vlakem, tak lodí či nákladním automobilem. Zároveň byl tento způsob přepravy drahý a kontejnery se nevracely zpět. [1]

Velký posun nastal během druhé světové války, kdy s přepravou pomocí kontejnerů začala experimentovat americká armáda. Ta řešila, jak efektivně a rychle nakládat a vykládat materiál na transportní loď, ale zároveň, jak zamezit rozkrádání nákladu a jeho poškození během přepravy. Dřevěné bedny, které byly hojně používány totiž šly poměrně snadno rozbít a také nepředstavovaly velkou překážku pro zloděje a organizované gangy. Krádeže byly velkým bezpečnostním a ekonomickým problémem. Například v nákladním přístavu Pusan v Jižní Koreji se ztrácelo 10 % překládaného vojenského materiálu.

V roce 1948 představila americká armáda první standardizované kontejnery Trasporter, Household Goods a Shipboard, které byly obecně přezdívané „Trasporter“. Kontejner měl rozměry 2,59m na délku, 1,91m na šířku a 2,08m na výšku (8' 6" x 6' 3" x 6' 10"). Ocelový kontejner měl dvojdílné uzamkatelné dveře, které se nacházely na jedné straně a byl schopný přepravit náklad do hmotnosti 4 082kg. Trasporter se velmi osvědčil v Korejské válce (1950 – 1953). Armáda díky němu dokázala rychleji zásobovat své jednotky a díky ušetření manipulačních prací poklesla dodací doba z 52 dní na 27. V roce 1952 nahradily kontejnery Trasporter nové kontejnery Container Express neboli CONEX. Jejich rozměry byly 2,4 x 2,4 x 3 metry (8' x 8' x 10'). Americká armáda následně kontejnery standardizovala. Během války ve Vietnamu se kontejnery začaly využívat nejen k přepravě vybavení, ale i jako základní stavební jednotka pro velitelská stanoviště, bunkry, kontrolní stanoviště, lékárny, obchody. [2]



Náročný způsob přepravy tzv. break bulk cargo [3]



CONEX kontejner [1]



Přeprava kontejnerů během války ve Vietnamu [2]

## Odstartování globalizace

Logistických úspěchů, kterých dosáhla americká armáda, si všimaly přepravní společnosti po celém světě a začaly vyvíjet vlastní řešení intermodálních kontejnerů. Důležitou úlohu v té době hrál obchodník Malcom McLean, který si dost dobře uvědomoval časové a finanční ztráty způsobené při každém překládání nákladu z kamiónu na loď a opačně. V roce 1955 tak začal s pomocí inženýra Keitha Tantlingera vyvíjet moderní intermodální kontejner. Výsledkem byl kontejner, který měřil na šířku i na výšku 2,44m a na délku měl 3,05m. Tloušťka vnitřního plechu byla 2,5mm. McLean následně koupil dva americké tankery používané během druhé světové války a nechal je upravit pro výše zmíněné kontejnery. Tento počín se stal velmi úspěšný a v roce 1957 dal McLean a Tantlinger patent volně k dispozici. Tak započala cesta mezinárodní standardizace intermodálních kontejnerů. [1]



Malcom McLean [1]



Jedna z prvních kontejnerových lodí - SS Ideal X [4]

## Historie kontejnerových manipulátorů

Historie manipulační techniky využívající elektrický či spalovací motor sahá k přelomu devatenáctého a dvacátého století. Stroje vždy reagovaly na aktuální situaci, poptávku, a postupně procházely vývojem. Když v polovině minulého století začala kontejnerová revoluce, bylo potřeba přijít s efektivnějšími a ve výsledku levnějšími řešeními. Do té doby se kontejnery překládaly z vlaku na auta pomocí rampy, která byla umístěna na jednom jeho konci. Tímto způsobem bylo možné vyložit kontejnery pouze v tom pořadí, v jakém byly naloženy. Zároveň museli být řidiči kamiónů dost zkušení na to, aby dokázali nacouvat přesně na určené místo. Toto řešení bylo obecně velmi náročné a zdlouhavé. Na tento problém začala reagovat v roce 1964 americká firma Southern Pacific, která chtěla dosáhnout rychlejší překlady v terminálu v Los Angeles. Firma našla inspiraci v těžkém stroji pro nakládání kulatiny. Tak započal vývoj kontejnerového manipulátoru, který disponoval pneumatikami, byl poháněn dieslovým motorem a dokázal se efektivně pohybovat po prostorech terminálu. [5] Stroj prošel mnoha verzemi a do Evropy se dostal v roce 1972 díky německé firmě Kombiverkehr. [6] V osmdesátých letech se přidala švédská firma Kalmar a o desetiletí později i ostatní výrobci, jako např. CVS Ferrari, TOYOTA, KONECRANES. Kalmar se následně stal leadrem trhu a zůstává jím dodnes.



Kontejnerový manipulátor „Piggy Packer“ [6]

## AKTUÁLNÍ NABÍDKA KONTEJNEROVÝCH MANIPULÁTORŮ NA TRHU

Na trhu jsou manipulátory jak pro plné kontejnery, tak pro ty prázdné. Liší se svou konstrukcí a nosností a umožňují tak jejich flexibilnější a rychlejší manipulaci.

### Reachstackery

Reachstackery jsou manipulátory s teleskopickým výložníkem a se standardním spreaderem pro horní úchop kontejneru. Vyrábí se ve variantách jak pro těžké (nosnost od 42 do 45 tun), tak pro lehké kontejnery (maximální nosnost je v první řadě 12 tun). Reachstackery dokáží stohovat kontejnery do pěti vrstev ve třech řadách. Výrobci vyrábí několik verzí s různou nosností. Největší typ s hydraulickými podpěrami dokáže stohovat ve třech řadách za sebou 45 tun. Lze také využít kombinovaný spreader, který je výhodný pro intermodální manipulace. Kromě kontejnerů dokážou reachstackery manipulovat i s trailery a výměnnými nástavbami. Je také možné horizontální uchopení kontejneru pomocí dvou zámků. Tento typ lze používat pro manipulaci s prázdnými kontejnery (klidně i dva na sobě) nebo plnými dvacetistopými kontejnery.



Manipulátor plných kontejnerů Kalmar [9]



Manipulátor prázdných kontejnerů Kalmar [10]



Reachstacker od firmy Hyster pro manipulaci s plnými kontejnery [7]



Straddle Carrier [7]

### Čelní manipulátor kontejnerů

Manipulátor kontejnerů funguje na bázi čelního vysokozdvížného vozíku. Manipulátor plných kontejnerů má nosnost 36 až 45 tun, dokáže stohovat až do 5 vrstev v jedné řadě. Nosnost manipulátorů s prázdnými kontejnery se pohybuje od 8 do 10 tun a dokáží stohovat až 7 kontejnerů v jedné řadě. Stroje jsou vybaveny spreaderem. [7]

### Straddle Carrier

Straddle Carrier jsou manipulátory konstruované jako malé portálové jeřáby pro uchopení jednoho kontejneru. Umožňují poměrně rychlé přejezdy na větší vzdálenosti a zároveň i rychlé naložení a vyložení kontejnerů. Nejvíce se používají v přístavních terminálech, kde výrazně urychlují vykládku lodí.

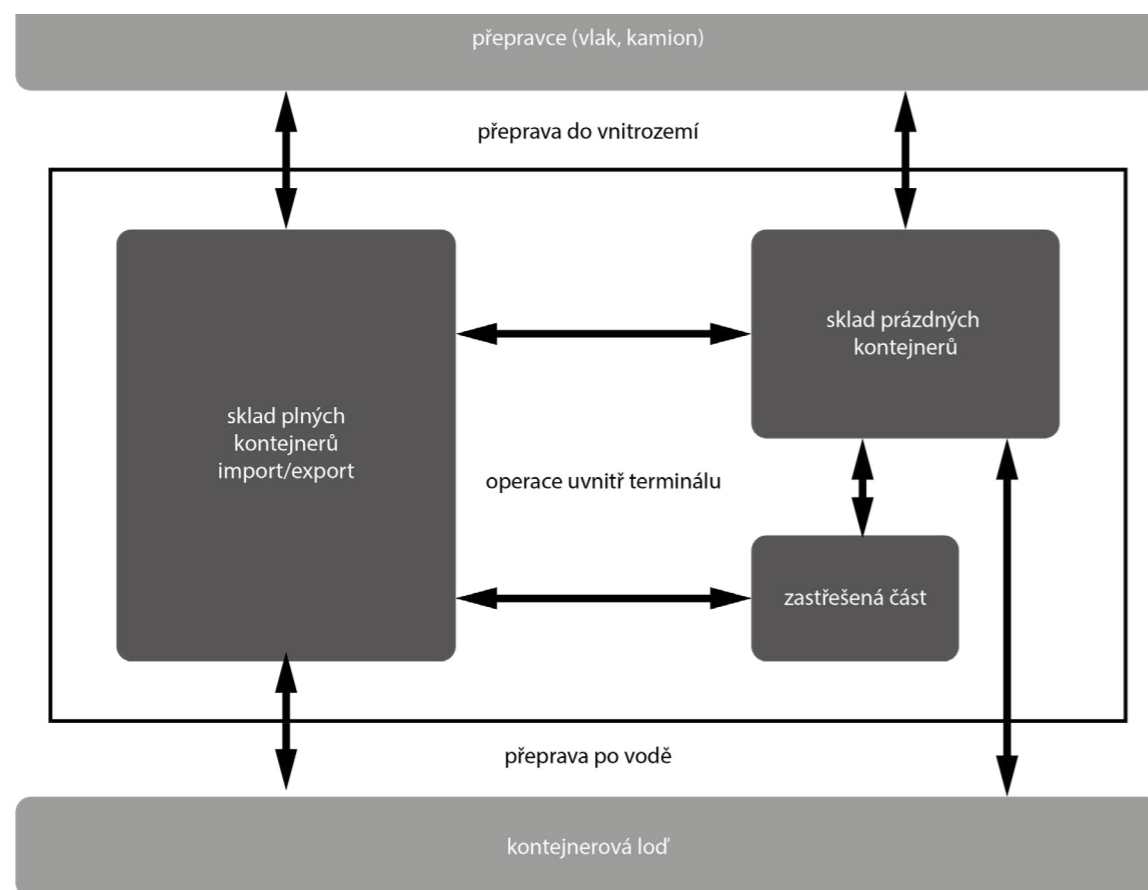
## ANALÝZA PROSTŘEDÍ

Skladování a manipulace kontejnerů na pevnině probíhá v přístavních terminálech, vnitrozemských terminálech a lokálních překladištích. V Evropě se mezi největší přístaviště řadí Rotterdam, Antverpy a Hamburg. Například Hamburkem projede až na 40 000 kamiónů denně a přístav je schopný odbavovat ty největší lodě současnosti za poměrně krátké časové úseky. A to díky automatickým manipulačním vozíkům a vzdáleně řízeným portálovým jeřábům. Ale již dnes je jasné, že s neustálým nárůstem kontejnerové přepravy budou potřeba větší lodě a některé přístavy nebudou vyhovující. Ve většině případů již nelze přístavy rozšiřovat směrem do vnitrozemí. Je tedy nutné přijít s efektivními řešeními, které si poradí s danou plochou.

Z hlediska provozu se jedná o poměrně náročné a nebezpečné prostředí. Pro manipulaci jsou využívány těžké a objemné stroje - proto se využívá mnoho bezpečnostních prvků, které zabraňují srážkám a chybám. V přímořských oblastech jsou terminály také více než ve vnitrozemí zatěžovány počasím a slanou vodou.



Největší kontejnerová loď HMM v hamburském přístavu v loňském roce [38]



Obecné schéma manipulací uvnitř přístavního terminálu



Manuální práce v kontejnerovém přístavním terminálu v Singapuru [39]

## Vlastní pozorování

Když jsem se rozhodl, že se ve své diplomové práci budu zabývat manipulací s kontejnery, kontaktoval jsem společnost METRANS a.s., která provozuje kontejnerový terminál v Praze-Uhřetěvesi, zda by mi neumožnila exkurzi v jejich areálu. Osobní návštěva bohužel nebyla na začátku března možná, jelikož ve firmě panovala přísná proticovidová opatření. Bylo mi ale slíbeno, že jakmile se situace zlepší, návštěva mi bude umožněna. Rozhodl jsem se, že i přesto terminál navštívím alespoň z venku. Toto rozhodnutí bylo nakonec dobré, jelikož jsem mohl z poměrně krátké vzdálenosti pozorovat manipulátory při práci a dalo mi to představu o jejich reálné velikosti. Na Youtube jsem následně našel komentovanou prohlídku terminálu, která trvá čtyřicet minut a díky ní jsem mohl do této problematiky zase o něco více proniknout. Čerpal jsem také z videí řidičů manipulátorů, kteří svou práci natáčejí pomocí akční kamery umístěné v kabině. Dále z videí prodejců již používaných strojů, kteří točí jejich detailní videa. Díky tomu jsem mohl více porozumět ergonomii a tomuto typu práce obecně.



Kontejnerový terminál METRANS a.s. v Uhřetěvesi

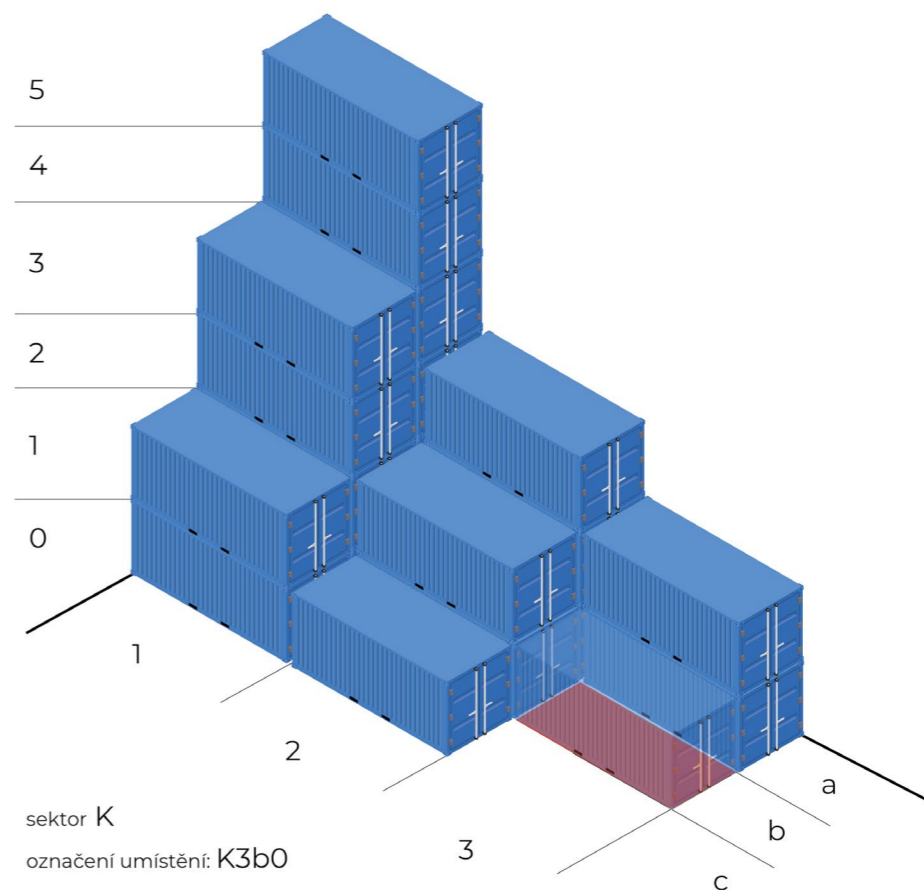
## Kontejnerový terminál METRANS a.s., Praha-Uhřetěves

V Praze se nachází jeden z největších kontejnerových terminálů ve střední Evropě. Terminál provozuje společnost METRANS a.s., která má kromě toho pražského i koncové terminály v Plzni, Brně, Ostravě, Zlíně, České Třebové a Ústí nad Labem. Ten pražský má rozlohu 420 000m<sup>2</sup>, disponuje 11km dlouhým kolejištěm se třemi dieselovými lokomotivami, několika portálovými jeřáby a reachstackery. Je schopný odbavit 16 až 18 vlaků za den, které následně směřují do Hamburku či Rotterdamu. Je v provozu nepřetržitě 365 dní v roce, pouze s půldenními odstávkami na Štědrý den a Silvestr.

## Způsob fungování terminálu

Tomu, než se kontejner ocitne na nákladním vlaku nebo ve skladu prázdných kontejnerů, předchází několik kroků. První krok je příjezd kamionu na nákladní vrátnici, kde musí řidič vyřídit potřebnou dokumentaci. Dále čeká, až se na průjezdové bráně objeví jeho číslo. Dispečeri mohou upřednostnit kamióny s kontejnery, které jsou potřeba ihned naložit na vlak. Po příjezdu k bráně zkontroluje zaměstnanec terminálu společně s řidičem aktuální stav kontejneru. Kontrola probíhá při přivřených dveřích a kontroluje se, zda v kontejneru nejsou díry, zda jdou dveře správně zavírat a podobně. Stav a nosnost kontejneru jsou zaneseny do systému. V případě plného kontejneru je zkontrolována bezpečnostní plomba. Kontroluje se, zda nebyl kontejner otevřen cizí osobou. Tento proces probíhá i při výjezdu z terminálu. V tomto případě se ještě ověřuje, zda byl vydán správný kontejner. Společnost METRANS a.s. má nasmlouváno okolo 360 řidičů kamionů. Každý z nich má svůj speciální čip, který je umístěn za sklem a v průběhu jednotlivých kroků je skenován. V systému je tak jasně vidět, kde se který kamion nachází. Řidič díky němu také ví, do jaké části terminálu má přijet. Díky celkové propojenosti systému se tato skutečnost zobrazí nejbližšímu jeřábníkovi, který je schopný vyzvednout daný kontejner a umístit ho na předem určené místo. Po dokončení manipulace jeřábník hotový úkon potvrdí a na displeji se mu zobrazí další práce.

Terminál je rozdělen do několika sektorů podle abecedy. V terminálu se také nachází sklad prázdných kontejnerů, kde jsou kontejnery uskladněny podle rejdařů, majitelů lodních společností, jako je Maersk, Hapag-Lloyd a další. Každý rejdař musí mít v terminálu minimálně dva bloky. První blok pro ukládání a druhý pro odebírání. V případě naplnění prvního bloku se systém manipulace otočí. Je tak zajištěn oběh kontejnerů. Každý kontejner má v systému své specifické označení, které je dáno jeho umístěním. Prázdné kontejnery je možné stohovat do výšky 6 až 7 jednotek. Nejběžnější počet je 6 kontejnerů. V případě plných kontejnerů může být maximální počet až 9 jednotek. Kontejnery však musí být ve výborném stavu. Pro stohování ve vyšších výškách se kontejnery jistí proti pádu zámky.



Manipulování s prázdným kontejnerem v terminálu METRANS a.s.



SEACO



Hapag-Lloyd

HLX  
45 G 657926

NOTION

中国海运

CHINA SHIPPING

## BUDOUCNOST PŘÍSTAVŮ A KONTEJNEROVÝCH TERMINÁLŮ

### Současný stav a předpokládaný vývoj

#### 2021 +

V současné době stojí mezinárodní a mezikontinentální doprava na kontejnerové přepravě. Díky tomuto standardizovanému systému a možnosti přepravy velkého množství zboží najednou tak dochází k výraznému snížení koncové ceny. Kontejnerová přeprava každoročně narůstá v průměru o více než 5 %. Proto je potřeba stále hledat efektivnější řešení manipulace a skladování kontejnerů. Současně využívané i nově budované terminály a přístavy tak postupně implementují automatická řešení. Mezi přístavní terminály, které jsou v oblasti automatizace nejdále, patří nizozemský Rotterdam. Terminál má jako první na světě plně automatizovaný lodní manipulační systém. Konkrétně se jedná o dálkově ovládané portálové jeřáby a AGV vozidla (Automated Guided Vehicle - vozidlo bez řidiče), které odváží kontejnery z přístavní části dále do terminálu. Celý systém se řídí a plánuje z hlavní budovy terminálu. Jsou zde operátoři jeřábů, analytici a IT specialisté. V řídicí věži, která dohlíží na aktuální situaci a má pod sebou celý terminál, je v průměru osm lidí, v závislosti na vytíženosti terminálu. [12] Automatizace také ve výsledku řeší snížení provozních nákladů a bezpečnost zaměstnanců. V manipulačních oblastech se pohybuje méně lidí a jsou také eliminovány zdravotní komplikace způsobované hlukem a nutností sledování kontejnerů pod sebou (v případě portálových jeřábů) nebo nad sebou (v případě kontejnerových překladačů).

#### 2030 +

V roce 2030 dochází k úplné automatizaci ve všech typech přístavů a terminálů. Jeden operátor je schopen řídit několik strojů současně. Přístavy budoucnosti pracují nepřetržitě a jsou schopny pojmout velké množství kontejnerů, které jsou přepravovány na velkokapacitních kontejnerových lodích. Lodě a stroje využívají alternativní pohony (jako je vodík a elektřina) a nezatěžují tak okolní prostředí. Zároveň jsou stroje stavěny na univerzálních platformách. Toto řešení snižuje počet odlišných náhradních dílů a ve výsledku i celkové náklady. Díky plně automatickým řešením je možné stohovat kontejnery výše než předtím. Velkou roli zde hrají autonomní zařízení a stroje, které umožňují pohotově reagovat na přicházející úkoly a ne pouze opakovat monotónní práci. Toho se využívá v menších přístavech a terminálech. Systémy je možné vylepšovat a opravovat za provozu. [15]

#### 2060 +

V roce 2060 je již automatizace překonána a svět je dost jiný než předtím. Ve velké míře se využívá obnovitelná energie a přírodní zdroje jsou značně omezené. Zatímco služby jsou více personalizované a efektivnější a velmi významnou komoditou jsou nejrůznější data, která prostupují napříč našimi činnostmi. Je možné si například přímo objednat kávu od lokálního producenta, který se nachází na druhé straně zeměkoule, a následně vědět, kdy zásilka dorazí. Lokální producent kávy obdrží zprávu během několika minut a objednané množství pošle pomocí hyperloopu do přístaviště. Tam se zásilka spojí s dalšími, které putují do stejné cílové destinace. K přepravě se využívají výkonná a ekologicky šetrná plavidla, která jsou zároveň schopna pojmout velké množství zboží. Terminály jsou propojené ekosystémy a jejich chod je hladký. Poruchy lze snadno identifikovat a následně opravit. Ve většině případů jde závadu opravit na dálku. V roce 2060 bude svět propojenější více než kdy předtím [17]





AGV od firmy KONECRANES [13]



Vize kontejnerového terminálu pro rok 2030 od Patricka Krassnitzera [16]

2030+



Vzdálené pracoviště operátora jeřábu, technologie firmy ABB [14]



Vize kontejnerové dopravy pro rok 2060 od firmy Kalmar [17]

2060+

2021+

## PŘEHLED KONCEPTŮ

Jak již možná vyplývá z předchozího textu, firma Kalmar se dlouhodobě zabývá tím, jak bude logistika a konkrétně kontejnerová přeprava vypadat v budoucnosti. Jako jediný z výrobců těžké manipulační techniky se prezentuje tak, že spolupracuje s designéry a školami designu. Ti se snaží přijít s neotřelými myšlenkami a řešeními a předurčit tak celkové směřování kontejnerového průmyslu.

### Autonomní flotila firmy Kalmar

Stroje využívají jednotnou platformu, která je následně upravena podle účelu stroje. Jde o čelní vysokozdvížený vozík, tahač dvou velikostí a kontejnerový manipulátor - reachstacker. Stroje k pohonu využívají elektrickou energii. Na tomto řešení se mi líbí možnost pohybu stroje do více směrů. To je umožněno díky elektrickým motorům, které jsou umístěny přímo v kolech. Dále také vysouvací zadní část stroje, která slouží jako protizávaží a reaguje na aktuální situaci tak, aby nedošlo k převrácení. Na výložníku se nachází fotovoltaické články, u kterých mě napadá otázka jejich účinnosti. Dokázal bych si představit, že jsou tímto způsobem poháněny vedlejší elektromotory. Otázkou je také elektrický pohon, který pro takto těžké stroje není zcela výhodný. Čas dobíjení baterií se pohybuje v rozmezí jedné hodiny až osmi hodin a je zde potřeba velkého množství elektrické energie. Co se týče designové stránky, tak oceňuji jiný přístup k řešení výložníku, který má trojúhelníkový průřez a je navíc odlehčený.

Firma Kalmar v roce 2017 navázala spolupráci se švédským institutem designu v Umeå. Studenti se tak během své semestrální práce mohli zabývat budoucností kontejnerové manipulace. Z této spolupráce vzešlo několik konceptů. Nejzajímavější čtyři z nich jsou detailněji rozebrány na následujících dvou stranách.



Autonomní flotila firmy Kalmar [17]



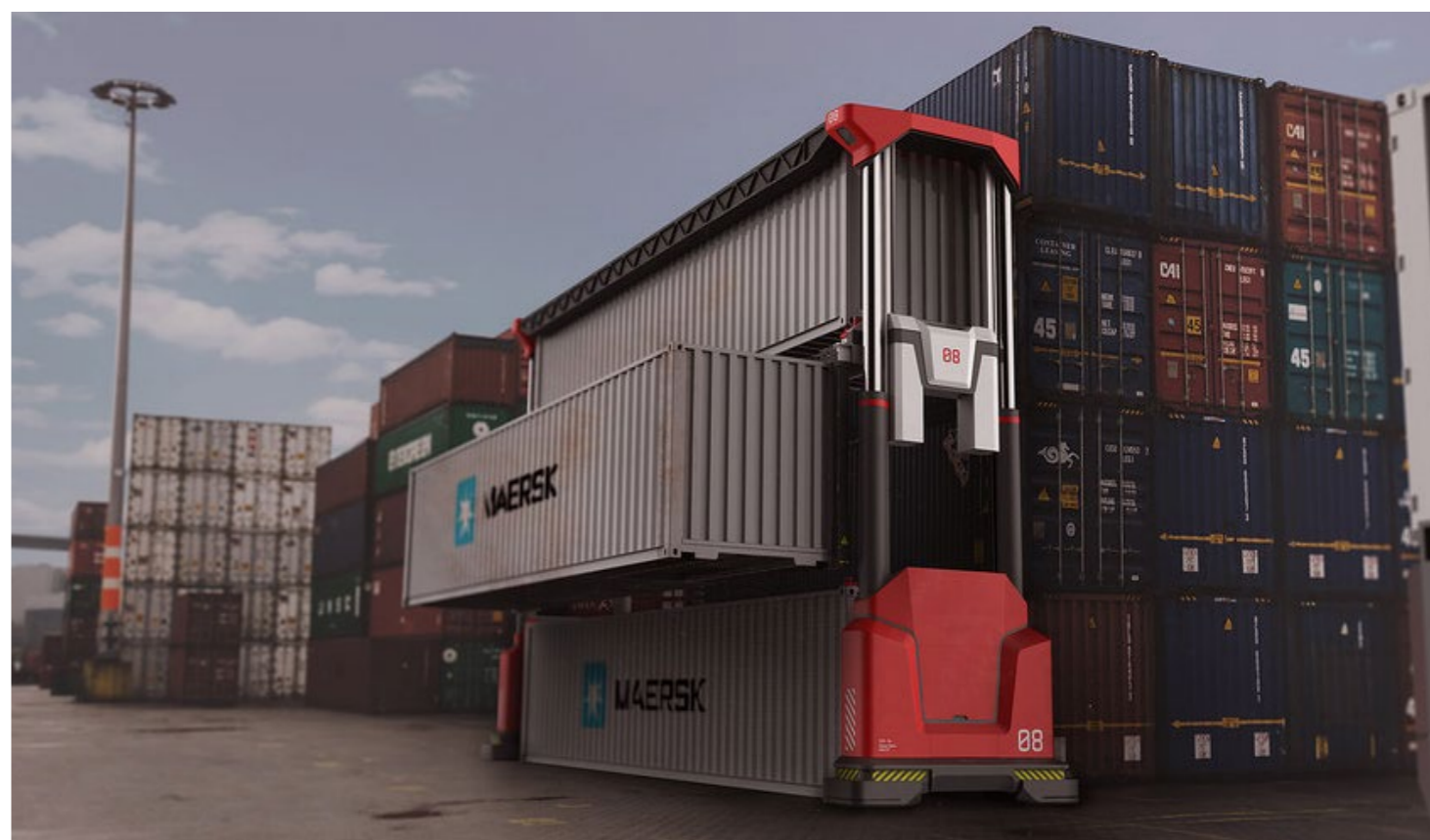
Autonomní reachstacker [19]

První koncept je postavený na univerzální platformě, kterou lze využít jako základ pro čelní vysokozdvizný vozík, manipulační vozík a reachstacker. Myšlenka navazuje na designový směr firmy Kalmar. Kola jsou poháněna elektromotorem a nabízejí tak standardní rozsah otáčení. Líbí se mi zde jednoduchost, čisté tvarování a možná univerzalita. Nevýhodou je horší pohyblivost na menším prostoru.



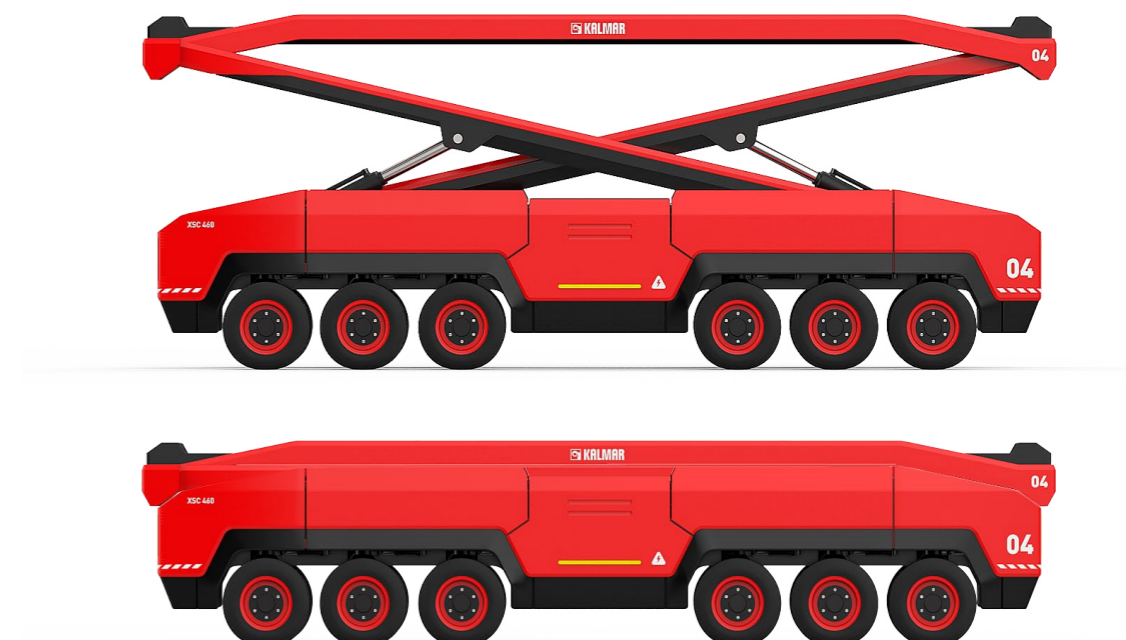
Koncept od Ricarda Verheula [20]

Druhý koncept se zaměřuje na manipulaci s prázdnými kontejnery a na zvýšení efektivity jejich skladování. Díky rozměrům a konstrukci manipulátoru se docílilo zúžení uliček. Návrh také disponuje zásobníkem s automatickým zakládáním a odebíráním zámků kontejneru. Pomocí této technologie je možné stohovat kontejnery do vyšších poloh. Na konceptu se mi líbí nové způsoby manipulace a tvarování, které působí odolně a spolehlivě.



Koncept od Eliase Pfunera [20]

Třetí koncept řeší typ manipulátoru straddle carrier. Zde se mi líbí způsob konstrukce a moderní designový přístup, který zároveň podporuje odolnost a spolehlivost. Nevýhodu vidím, stejně jako u konceptu 1 a 4, v potřebě velkého manipulačního prostoru.



Koncept od Thomase Müllera [20]

Čtvrtý koncept se také zabývá typem straddle carrier. Přístupuje k němu ale trochu jiným způsobem. Pro větší stabilitu je možné použít dvě boční podpěry, které se vysouvají z podvozku. Po tvarové stránce mi návrh přijde docela zajímavý. Silným výrazovým prvkem je červené protizávaží, které se pohybuje ve svislé ose a je umístěno nad hlavním tělem stroje. Subtilně na mě působí pouze jeho vzpěry a vzpěry zdvižného stožáru.



Koncept od Birnura Sahina [20]

# TECHNICKÁ ANALÝZA

## Autonomní technologie v manipulační technice

Jak již bylo nastíněno v textu o současném stavu a předpokládaném vývoji, automatická řešení a autonomní stroje jsou budoucností. Díky jednotlivým sensorům a technologiím, které se neustále vyvíjejí, bude možná jejich plná implementace v širším spektru průmyslových odvětví, než je tomu dnes. Konkrétně v terminálech a přístavech tomu bude jistě dříve než v běžném silničním provozu. Napomáhá tomu fakt, že terminály a přístaviště jsou poměrně přesně definovaná prostředí. Automatizovaná řešení se zavádí postupně a lze je určit několika stupněmi. V prvních stupních jsme již dnes, kdy moderní a hodně vytižené přístavní terminály využívají AGV manipulační vozíky a dálkově řízené portálové jeřáby, které vykládají a nakládají kontejnery na lodě. Mezi další stupně bychom mohli řadit manipulatory a zařízení, která využívají autonomní technologie, dokáží spolu interagovat a reagovat na danou situaci a ne pouze opakovat daný úkon. V tomto systému jsou stále zastoupeni lidé, kteří mají na starosti více strojů najednou a díky celkové propojenosti se zvyšuje efektivita a bezpečnost.

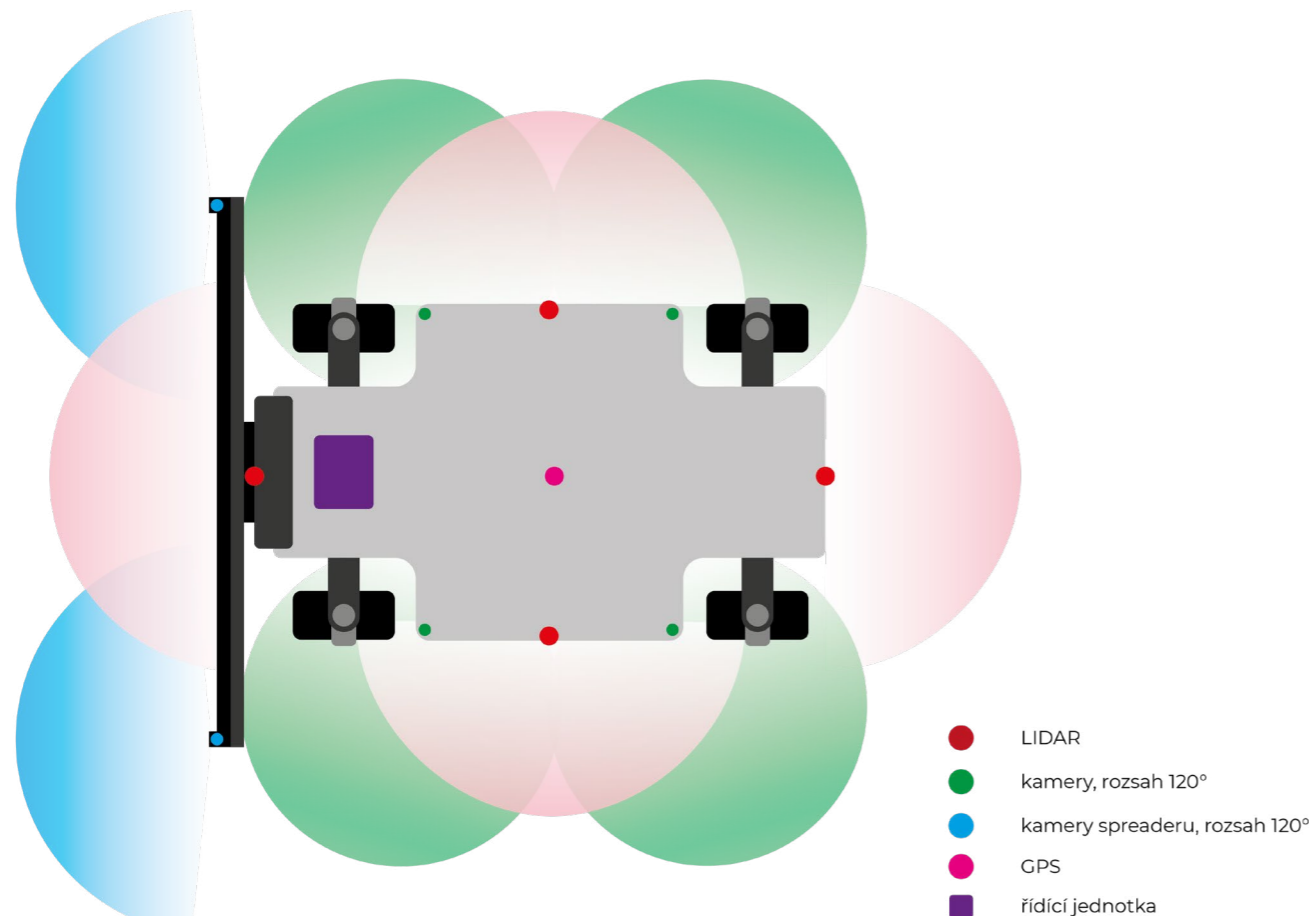


Schéma uspořádání jednotlivých sensorů v autonomním manipulatoru

## Jednotlivé senzory

### 3D LIDAR senzor - SICK

Vícepolohový LIDAR senzor od firmy SICK je ideální pro venkovní prostředí. Odolává dešti, přímému slunci, mlze, prachu a je schopný pracovat v prostředích, kde se teplota pohybuje v rozmezí od -30 °C do +50°C. Stupeň krytí může být až IP 67. Díky shromažďování velkého množství dat ve více skenovacích polohách a různých úhlech může skener detekovat objekty na zemi, nerovnosti ve vozovce i objekty vyčnívající do cesty a reagovat na ně. V případě automatických vysokozdvizných vozíků umožňuje plynulé a nekolizní najíždění na nákladní vozidlo tím, že adekvátně snímá a monitoruje jízdní dráhu. Zároveň je schopný správně polohovat transportní vidlici vozíku již během jízdy a uchopit tak paletu bez zastavení. Úhel zorného pole senzoru v horizontálním směru je 275° a ve vertikálním směru díky čtyřem měřícím úrovním 7,5°. [21]

### Kamera

Použitá kamera je schopná rozeznávat objekty, jako jsou například dopravní značení, pohybující se objekty a další, a to na vzdálenost 60m. Zároveň disponuje zorným úhlem 120°. Tento typ kamer je využit například v automobilech Tesla. V tomto případě kamery dopňují LIDAR senzory. [22]

### GPS

Neboli Global Positioning System. V dnešní době lze určit pozici s přesností až 30cm a čas s přesností na jednotky nanosekund. To celé za předpokladu, že se pohybujeme v nadmořské výšce nižší než 18km a nepohybujeme se rychlostí vyšší než 2000km/h. [23] GPS zajišťuje bezproblémové navigování stroje a zobrazuje jeho aktuální polohu v terminálovém systému.

### Řídicí jednotka

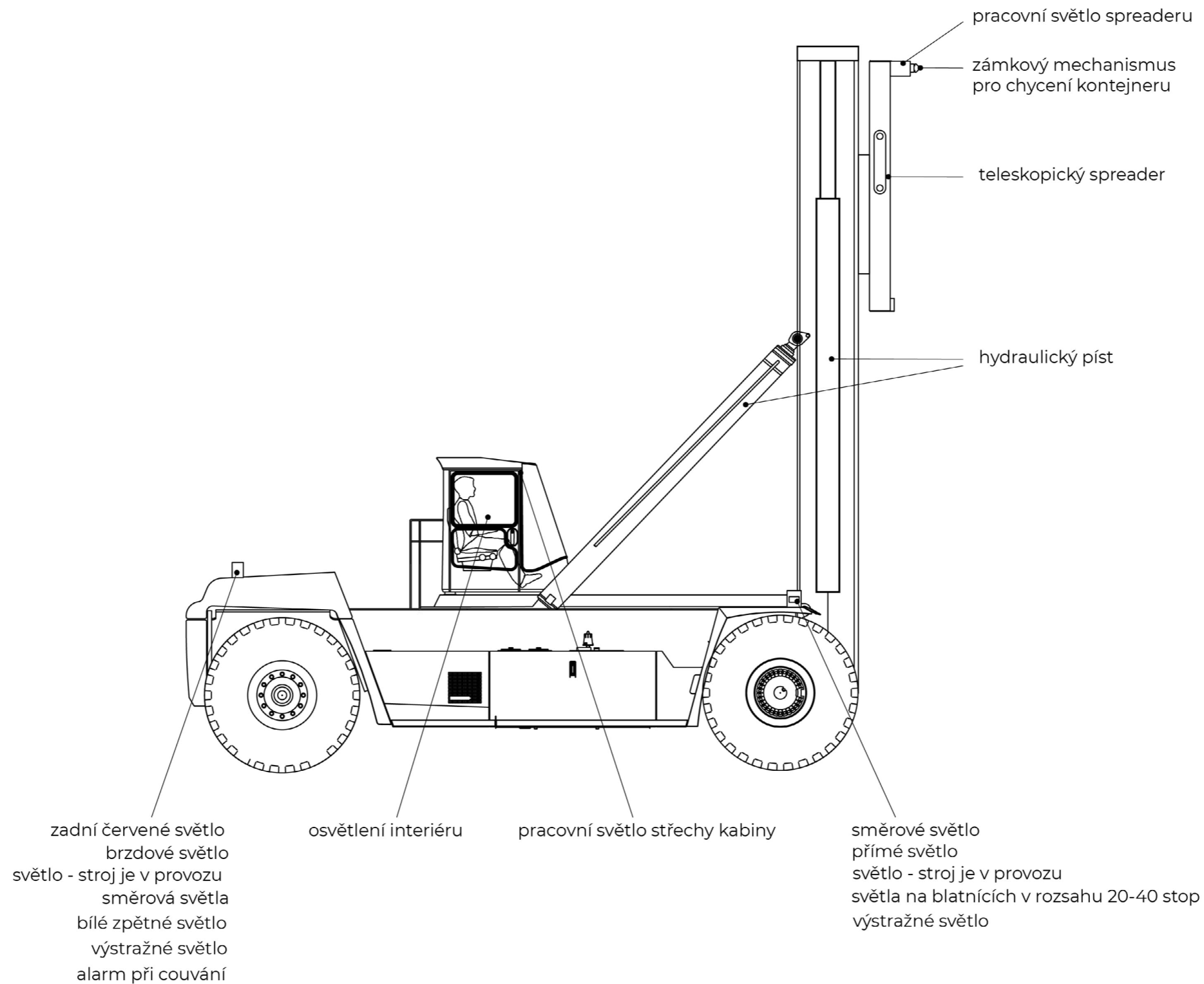
Jako řídicí jednotka byl zvolen počítač s výpočetní platformou DRIVE PX2 od společnosti NVIDIA. Platforma umí extrémně rychle zpracovávat data, chápat, co přesně se děje v okolí vozidla, a učit se z jednotlivých situací. Jednotka se zvládne během jediné sekundy naučit až 24 bilionu různých operací. Jde o nejpokročilejší technologii, kterou v současné době využívá automobilka Tesla. [22]



Kamery ve voze Tesla Model 3 [24]

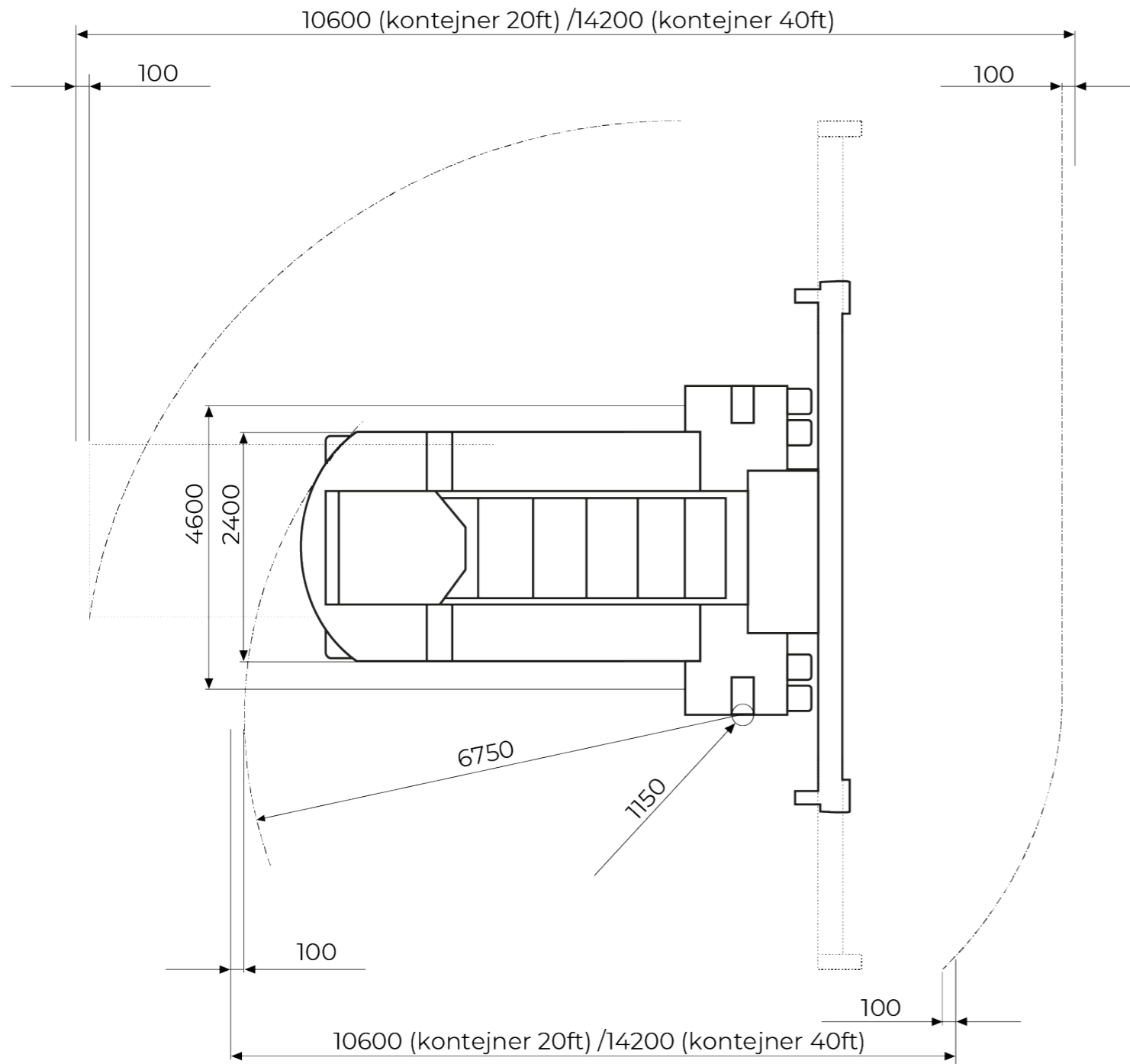
## SCHÉMA USPOŘÁDÁNÍ PRACOVNÍCH A VÝSTRAŽNÝCH SVĚTEL MANIPULÁTORU KALMAR

Pracovní stroje musí být osazeny různými typy výstražných signalizací a pracovních světel. Jejich počet a umístění jsou dány typem stroje, jeho velikostí, tím, kde se stroj nachází a v neposlední řadě tím, jak s ním interaguje člověk. Manipulátory jsou velké, těžké stroje, manipulující s různě velkými kontejnery, nacházející se v kontejnerových terminálech a přístavech. Na hodně vytížených pracovištích mohou pracovat i nepřetržitě. Na schématu níže jsou popsány některé části, jednotlivá pracovní světla a světelné signalizace klasického manipulátoru lehkých kontejnerů. [25]

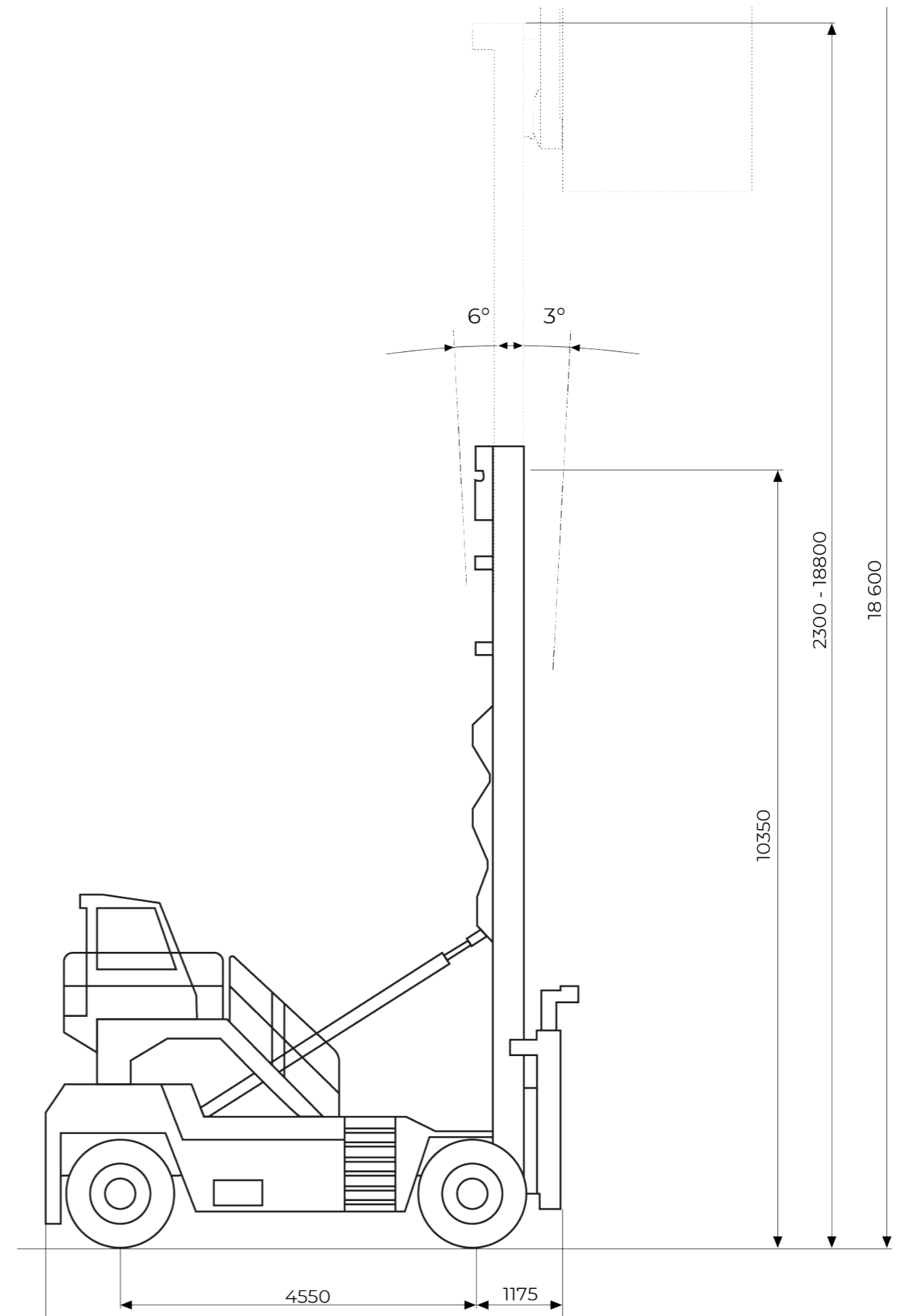


## ROZMĚROVÉ ŘEŠENÍ MANIPULÁTORU LEHKÝCH KONTEJNERŮ

Níže jsou uvedeny rozměry manipulátoru Kalmar DCG 90-45 ES s nosností 9 tun a váhou 41,4 tuny. Manipulátor je schopen stohovat do výšky 7 kontejnerů na sebe. Při použití dvojitého spreaderu je maximální možná výška stohování 8 kontejnerů. Důležitým rozměrem je také šířka uličky a nutný manipulační prostor. Ten se liší na základě velikosti manipulovaného kontejneru. Pro kontejner o délce 20ft je to 10 600mm a pro kontejnery o délce 40ft je to 14 200mm.



Rozměrové řešení manipulátoru Kalmar DCG 90-45 ES [26]



## PALIVO A POHON TĚŽKÝCH STROJŮ BUDOUCNOSTI

Důležitou otázkou je také pohon těžkých strojů. Mnoho přístavů a terminálů je umístěno v těsné blízkosti vodních toků a měst, kde jsou již dnes emisní normy přísnější. V budoucnosti se tyto normy budou stále více zpříšňovat a cílem je, aby na území měst a poté i v dalších oblastech jezdila auta pouze na alternativní pohon. Z toho důvodu budou dieselové motory nevyhovující. Budoucností je tedy převážně elektrický nebo vodíkový pohon. Firma Kalmar jde směrem elektrického pohonu s dobíjitelnými bateriemi. V letošním roce má za cíl mít ve svém portfoliu od každého typu stroje jeden s elektrickým pohonem. Zatímco firma Hyster se vydává směrem vodíkového pohonu, který se chystá testovat ve španělském přístavu ve Valencii. Říká, že vodík je pro takto velké a výkonnostně náročné stroje tou správnou volbou jak z hlediska následného výkonu, tak i z hlediska doby tankování.

### Proč alternativní pohon?

- Snížení emisí – splnění emisních norem dneška i budoucnosti
- Snížení nákladů na palivo
- Výrazné snížení hluku
- Plynulejší jízdní vlastnosti
- Snížení servisních nákladů (u elektrického pohonu až o 50 %)
- Rychlejší a efektivnější operace, více manipulací za hodinu

### Elektrický pohon

Kalmar má aktuálně v portfoliu menší manipulátor prázdných kontejnerů poháněný elektrickou energií. Manipulátor dokáže manipulovat do výšky čtyř kontejnerů a lze si u něj zvolit ze dvou typů baterií.

#### 1. LEAD ACID baterie

Výdrž: 1 200 – 1 400 cyklů

Efektivita baterie: 70 %

Způsob dobíjení: před nabíjením se musí vyjmout, nabíjení musí probíhat ve ventilovaných prostorech

Údržba: větší požadavek na údržbu

Vícesměnný provoz: musí být více baterií, ideální pro směny trvající 8 hodin.

#### 2. LI-ION baterie

Výdrž: 2 400 – 4 000 cyklů

Efektivita baterie: 95 %

Způsob nabíjení: v průběhu nabíjení se nemusí vyjímat, nepotřebuje větrané prostory

Údržba: menší požadavek na údržbu než u LEAD ACID baterie

Vícesměnný provoz: nemusí být více baterií, vhodné pro směny trvající 2 až 3 hodiny, následuje dobíjení a pak znovu

Dobíjecí doba: 1 % za minutu, plná baterie je nabitá za 100 minut.



Elektrický manipulátor prázdných kontejnerů Kalmar [27]



## Vodíkový pohon

Obecný princip vodíkového pohonu je, že palivové články vytvářejí elektrickou energii pomocí elektro-chemického procesu. Využívá se vodík a kyslík. Elektřina vytvořená palivovými články následně pohání elektromotor. Přebytečná energie se uchovává v akumulátorech. Jedinou odpadní látkou je vodní pára a teplo.

**Vodík je možno vyrábět dvěma způsoby:**

### 1. Z fosilních paliv

Vodík lze získat parciální oxidací mazutu nebo parním reformingem zemního plynu.

### 2. Pomocí elektrolýzy vody

Po elektrolýzu vody je potřeba velké množství elektřiny. Severní a jižní státy Evropy pro ni např. využívají přebytky elektřiny z fotovoltaických a větrných elektráren. Dalším ekologickým způsobem získávání elektřiny je využití biomasy.

**Shrnutí hlavních výhod:**

- Nulové uhlíkové emise, je-li vodík vyráběn pomocí obnovitelného zdroje energie, jediným odpadním produktem je vodní pára a teplo.
- Odpadá výměna baterie, držení náhradních baterií i nutnost provozovat nabíjecí místnosti.
- Doplnění paliva do tlakové nádoby vozidla je otázkou minut - v případě manipulátorů je to zhruba 10 až 15 minut.
- Jedno natankování umožňuje zhruba 9-10 hodin manipulace.
- Výkon palivových článků během pracovní směny je stabilnější a vyšší než u klasických baterií.
- Dlouhá životnost - až 10 let, mnohem delší než u olověných baterií. [28]

**Části vodíkového vozidla:**

**Baterie:** baterie uchovává energii, která byla vytvořena rekuperací při brzdění. Zároveň dokáže pokrýt výkonnostní špičku a v případě potřeby pomoci elektromotoru.

**Pomocná baterie:** poskytuje elektřinu na nastartování vozidla a jeho příslušenství.

**DC/DC konvertor:** Zařízení převádí vysoké stejnosměrné napětí, které je uloženo v hlavní baterii na nižší stejnosměrné napětí potřebné pro dobíjení pomocné baterie.

**Elektromotor:** Využívá energii z palivových článků a baterie.

**Palivové články:** Soustava elektrod, které využívají vodík a kyslík a produkují elektrickou energii.

**Vodíkové nádrže:** Uchovávají vodík do té doby, než je spotřebován palivovými články.

**Regulátor výkonu:** Jednotka řídí množství elektrické energie přicházející z palivových článků a baterie. Zároveň kontroluje rychlost elektromotorů.

**Chladicí systém:** Systém zajišťuje správnou teplotu potřebnou pro chod palivových článků a další elektroniky. [29]

## H2Port (Valencie, Španělsko)

Projekt prvního vodíkového přístavu se postupně realizuje ve španělské Valencii. Momentálně je projekt v polovině (celková délka realizace je naplánovaná na 4 roky). Cílem je test nových technologií, které by se následně implementovaly do dalších kontejnerových terminálů a přístavišť. Dalším cílem je terminál, který bude produkovat nulové emise. H2Port bude první přístavní terminál v Evropě, který bude plně využívat stroje na vodíkový pohon. Další vodíkový terminál se buduje v Los Angeles. Iniciátoři projektu vidí ve vodíkem poháněných manipulátorech a dalších těžkých strojích pro kontejnerové terminály a přístavy velký potenciál. H2Port spolupracuje s firmou Hyster, která pracuje na vývoji kontejnerových manipulátorů, které využívají elektrický pohon namísto spalovacího motoru. [30]

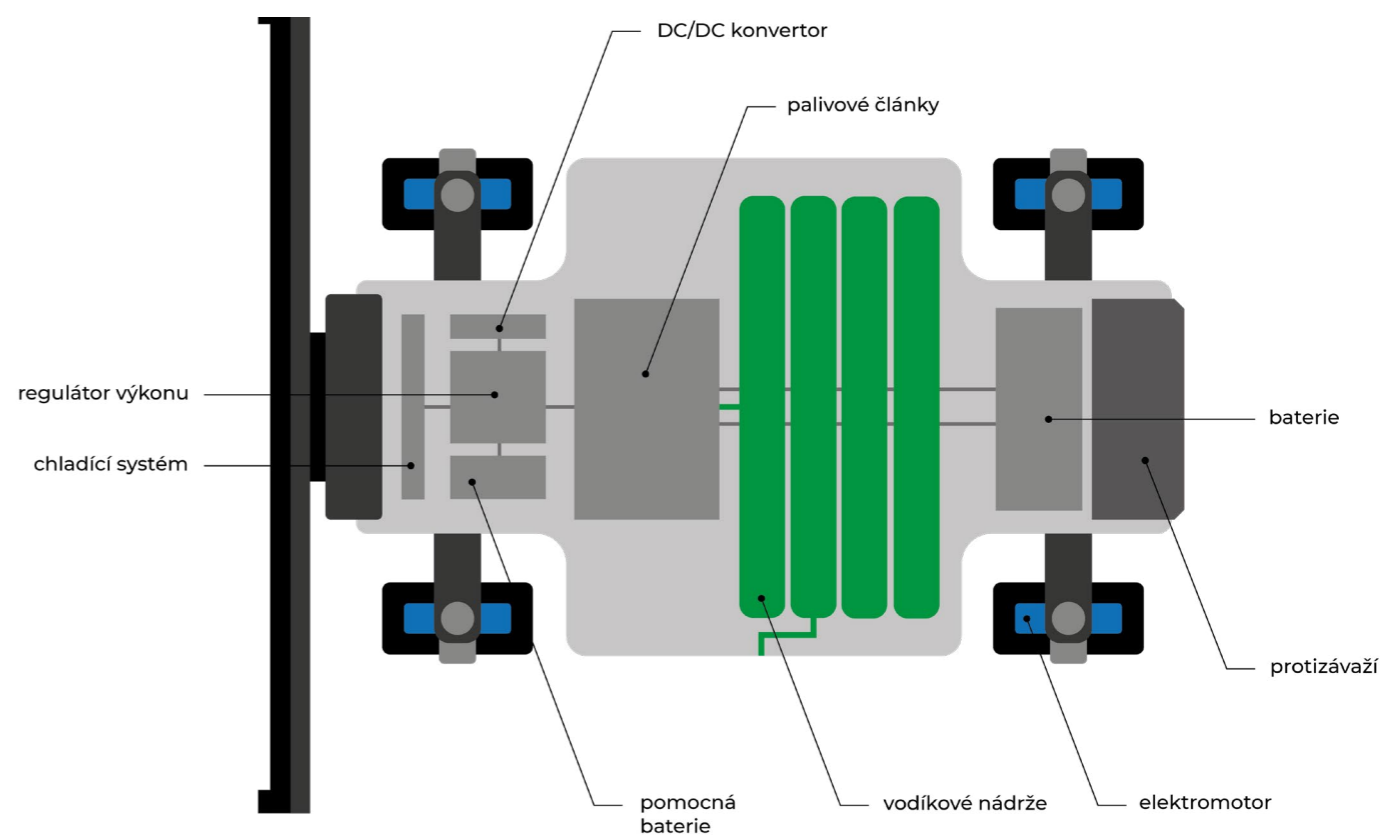


Schéma uspořádání jednotlivých částí ve vozidle s vodíkovým pohonem

## Baterie x vodík

Baterie elektrických aut jsou dostatečně velké a mají takovou kapacitu, aby byla schopna ujet vzdálenost 300 až 500 kilometrů. V případě velkých strojů, kontejnerových manipulátorů, je situace jiná. Je zde potřeba mnohem více energie, která dokáže umožnit strojům pracovat celou svoji směnu. Tyto stroje pro svojí správnou funkci potřebují baterie, které budou téměř stejně velké, jako stroje samotné. Je také nutné brát v potaz jejich dobíjení a časy dobíjení. Pokud se manipulátor dobíjí, je v tu chvíli mimo provoz. Ano, je možné nabíjet v průběhu dne, ale je nutné mít přesně daný harmonogram a dobré plánování. Také je důležité myslet na to, kolik elektrické energie bude ve výsledku potřeba. Spotřeba může být větší, než je síť schopná pokrýt. Nabíjení několika manipulátorů najednou se může rovnat spotřebě elektřiny malé vesnice. [30]

## Řešení doplňování paliva autonomních vozidel

V dnešní době lze na trhu nalézt několik inovativních řešení automatického tankování vozidel za pomoci robotů.

### 1. Řešení pro veřejné benzínky – Fuelmatics

Systém automatického tankování od švédské firmy Fuelmatics nabízí robotická ramena, která mají až tři vývody na tři různá paliva. Celý proces, od zahájení až po platbu, je řízen skrze mobilní aplikaci.

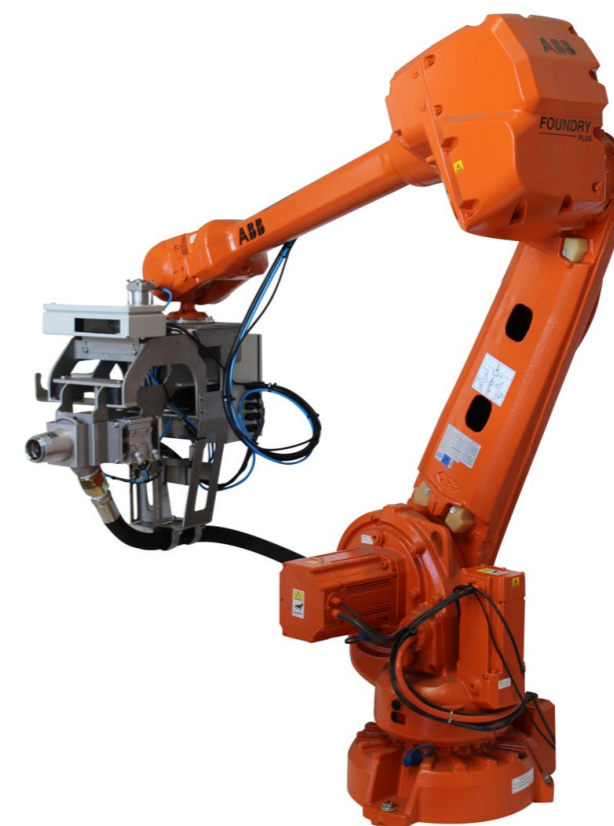


Stojan Fuelmatics [31]

Automatický proces tankování [32]

### 2. Řešení pro důlní stroje, Dumpery – Robofuel

Systém automatického tankování těžkých velkých strojů od firmy Robofuel. Toto řešení urychluje a zefektivňuje proces tankování a práce obecně. Robofuel využívá robotická ramena od firmy ABB a pro stanice standardizované kontejnery.



Tankovací stanice pro důlní dumpery Robofuel, tankovací robot od firmy ABB [33]

## VOLBA TYPU KONSTRUKCE ELEKTROMOTORU

### Elektromotor umístěn v kole vozidla

Budoucností kontejnerové manipulační techniky je větší manévrovatelnost umožněná libovolným natočením kol. Řešením jsou tedy elektromotory umístěné přímo v kolech vozidla. Touto technologií se v posledních letech zabývá americká firma Protean Electric. Motor se skládá z jednotlivých částí, které jsou zobrazeny na schématu níže. Stator je spojen s karoserií a obsahuje potřebnou řídicí elektroniku, takže je do motoru veden pouze přívod stejnosměrného proudu a řídicí signál pro ovládání rychlosti otáčení. Motor musí být zároveň dokonale utěsněn proti vnikání vlhkosti, musí být odolný proti otřesům a vyžaduje efektivní chlazení. Chlazení je řešeno speciální chladicí kapalinou a teplota je monitorována senzory.

Výhody (dle Protean Electric):

- zjednodušení mechanické konstrukce vozidla
- zcela nezávislé ovládání kol
- vysoký točivý moment
- celková účinnost motoru včetně měniče přesahuje 93 %
- rekuperační brzdění s účinností až 85 %

Mezi nevýhody současného řešení patří větší hmotnost, která je u standardního kola osobního automobilu okolo 30kg. Dále je to absence odpružení. [34 ] V případě velkých manipulátorů tento fakt nevádí. Spíše bych řekl, že je jistou výhodou. Stroj nedosahuje velkých rychlostí, pohybuje se po zpevněných plochách terminálů a větší váha kol by dokázala více podpořit celkovou stabilitu.



Schéma uspořádání elektromotoru v kole [34]



Řešení Protean 360+ [35]

## DRUHY PŘEPRAVNÍCH KONTEJNERŮ

Kontejnery jsou obecně klíčovou součástí intermodální přepravy. V polovině 20. století došlo k jejich normalizaci, což umožnilo velmi rychlé a ve výsledku i levné přepravování různého typu zboží napříč kontinenty. Kontejnery je možné libovolně přemísťovat a skládat na sebe. V současné době se nejvíce využívá kontejner o délce 40 stop (12,2m) a 20 stop (6m). Oba kontejnery jsou stejně široké (8 stop = 2,44m) i vysoké (8 stop a 65 palců = 2,59m). Z řady klasických kontejnerů se lze setkat i s typem High cube (HC). Vyskytují se v délce 40 nebo 45 stop. Ve výjimečných případech se lze setkat s variantou dlouhou 20 stop. Od standardních kontejnerů se liší kromě délky ještě výškou, která je přibližně o jednu stopu větší, tedy 9 stop a 6 palců (2,9m). Tyto kontejnery mají z jedné strany křídlové dveře a odvětrávání je řešeno dírami na bočních stěnách u horní hrany. Další využívané modifikace podle typu přepravovaného nákladu jsou níže. [36]



20' ISO

vnější rozměry (d x š x v): 6 058 x 2 438 x 2 591mm (20' x 8' x 8,6')  
vnitřní rozměry (d x š x v): 5 867 x 2 330 x 2 350mm  
kapacita: cca 33m<sup>3</sup>  
váha: 2 200 - 2 500kg  
nosnost: 21 800 - 28 000kg  
materiál: ocelový plech



40' ISO

vnější rozměry (d x š x v): 12 192 x 2 438 x 2 591mm (40' x 8' x 8,6')  
vnitřní rozměry (d x š x v): 11 980 x 2 330 x 2 350mm  
kapacita: cca 67m<sup>3</sup>  
váha: 3 900 - 4 000kg  
nosnost: 26 000kg  
materiál: ocelový plech



40'HC ISO

vnější rozměry (d x š x v): 12 192 x 2 438 x 2 894mm (40' x 8' x 9,6')  
vnitřní rozměry (d x š x v): 11 988 x 2 330 x 2 655mm  
kapacita: cca 70m<sup>3</sup>  
váha: 4 100kg  
nosnost: 26 000kg  
materiál: ocelový plech

### Kontejnery s otevřenou horní částí (Open top)

Open top kontejnery jsou rozměrově stejné jako klasické kontejnery. Liší se zpracováním střechy, která bývá nejčastěji plachtová. Jsou proto vhodné pro přepravu objemnějších a těžších nákladů, které je potřeba naložit shora jeřábem nebo pro přepravu sypkých materiálů, jako je třeba obilí.



Dvacetistopý Open top kontejner [36]

### Plošinové kontejnery se sklopnými čely (Flat rack)

Tento typ kontejnerů se vyrábí opět ve standardních velikostech, to znamená v délkách 40 a 20 stop. Rozdíl je v možnosti sklopení bočních stěn směrem dovnitř a následného vytvoření rovné plochy. Toho se dá využít k přepravě těžkých a vysokých stavebních strojů, které mohou na kontejner jednoduše najet. Tímto způsobem lze přepravit i menší loď či autobus. Po sklopení všech stěn lze na sebe umístit pět takovýchto kontejnerů a zároveň nepřesáhnout výšku jednoho standardního. Prázdné kontejnery tak lze velmi výhodně převážet.



Čtyřicetistopý Flat rack kontejner [38]

### Tunelové kontejnery (Tunnel container)

Tunelový kontejner je podobný jako klasický kontejner, akorát má na každé straně dvojdílné dveře. To usnadňuje nakládku i vykládku zboží. Klasicky se tento typ vyrábí ve velikosti 20 stop, ale není složité upravit tímto způsobem i jiné kontejnery. Lze ho také v polovině rozdělit přepážkou a vytvořit tak dva prostory, každý s vlastním vstupem.



Tunelový kontejner [36]

### Chlazené kontejnery (Reefer container)

ISO chlazené kontejnery jsou výhodné pro převoz zboží, které má tendence se rychleji kazit. V Česku se pro ně ustálilo označení „reefery“. Jsou napájeny externí jednotkou a operátor je schopen nastavit teplotu uvnitř kontejneru v rozsahu od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+30^{\circ}\text{C}$ . Reefery mají různé rozměry, ale nejčastěji se používají ve velikosti 40 a 20 stop.



Chlazený kontejner „reefer“ [39]

### Tankové kontejnery

Tankové kontejnery jsou válcové kontejnery uvnitř ocelové konstrukce, která má normované rozměry. Jsou vhodné pro převoz tekutin a plynů.



Dvacetistopý tankový kontejner [36]

# VÝSTUP ANALÝZY

Během analýzy jsem dospěl k několika klíčovým poznatkům, které by se měly odrážet ve výsledném návrhu. Výčet jednotlivých bodů je níže:

## Klíčové vlastnosti

- manipulátor lehkých a středně těžkých kontejnerů (plné kontejnery se převážně manipulují pomocí portálových jeřábů (z fungování terminálu Metrans a.s.)
- možnost přeuspořádání hmot stroje - díky autonomnímu řízení
- bezpečnost - dobrá komunikace s prostředím a člověkem
- odolnost - práce v náročnějších podmínkách a nepřetržitý provoz
- možnost dálkového ovládání
- jednoduchá údržba - snadný přístup servisního technika (schody, dostatečně velké průlezy, ...)
- označení stroje
- umístění loga výrobce

## Vizuální stránka

- design by měl odrážet vícesměrový pohyb
- nadčasovost - jde o vizi pro rok 2030+
- čisté a důmyslné tvarosloví
- design musí akceptovat prostředí, ve kterém se stroj bude pohybovat

## Pohyb a pohon

- zlepšení manévrovatelnosti v úzkých prostorech - 360° kola
- umístění elektromotorů přímo v kolech
- vodíkový pohon - snížení ekologické zátěže a hluku

## Materiály

- sklolaminátová kapotáž v kombinaci s ohýbaným plechem
- ocelová konstrukce
- litina - protizávaží

## Světla a světelná signalizace

- pracovní světla - spreader
- směrová světla
- přední a zadní bílá světla
- zadní brzdová světla
- světlo signalizující aktuální stav stroje (zelená, oranžová, červená)
- světlo signalizující ovládání přes dálkový ovladač

## Cílové skupiny

- operátoři - ovládání více strojů najednou
- přístavní terminály
- vnitrozemní terminály
- sklady kontejnerů

## Senzory

- LIDAR
- kamery
- GPS

# FORMULACE VIZE PROJEKTU

Předmětem této diplomové práce je koncepční návrh autonomního kontejnerového manipulátoru, který bude využíván v přístavních terminálech, vnitrostátních terminálech a skladech kontejnerů. Manipulátor bude obratnější a pro svůj pohyb bude potřebovat méně místa. Dojde tím k navýšení skladovacího prostoru, který bude v budoucnu stále více potřeba. Díky vyspělým technologiím implementovaným v manipulátorech a v celém terminálu dojde ke zlepšení bezpečnosti a efektivity. Tím se myslí způsob interakce s okolím, nepřetržitý provoz a eliminace nehod a poruch. Jako pohon bude využit vodík, který je ideálním alternativním pohonem pro těžké stroje. Jeho doplňování zabere přibližně 15 minut. Koncepce bude brát v potaz i možnost využití platformy manipulátoru pro jiné typy vozidel, které manipulují s kontejnery a podílejí se tak na chodu terminálu. Dojde tak ke snížení nákladů na různé druhy náhradních dílů a zároveň tak vznikne ucelená flotila, která bude sjednocená i po vizuální stránce.

## Kontext doby

Koncept je zařazen přibližně do roku 2030, kdy jsou automatické a autonomní systémy v přístavech a terminálech plně rozšířené. Je to v důsledku neustálého vývoje technologií a hlavně potřeby efektivněji manipulovat s větším množstvím kontejnerů. Vize je taková, že několik strojů bude mít na starosti jeden člověk a reakce na náhlé špičky a změny budou plynulejší. Systémy budou propojené a budou spolu efektivně interagovat.

## Rámcový harmonogram

- Únor** výběr tématu
- Březen** analytická část - rešerše
- Duben** tvorba konceptů - skicování / 3d modely
- Květen** výběr finální varinaty a následné detailní rozpracování dokončení a odevzdání portfolia a plachet tvorba modelu
- Červen** obhajoba diplomové práce





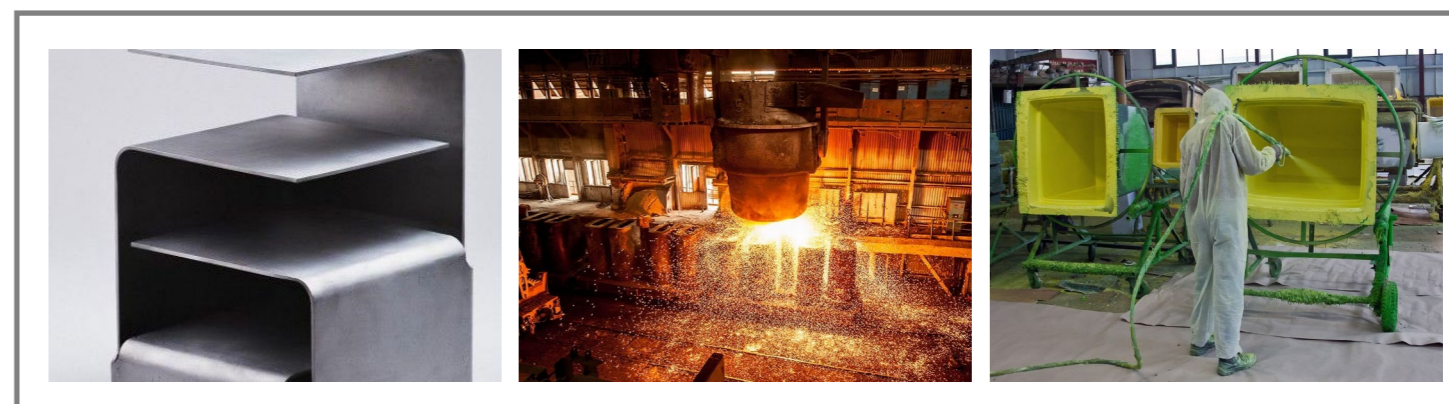
PROCES NÁVRHU



## moodboard



## materiály a technologie



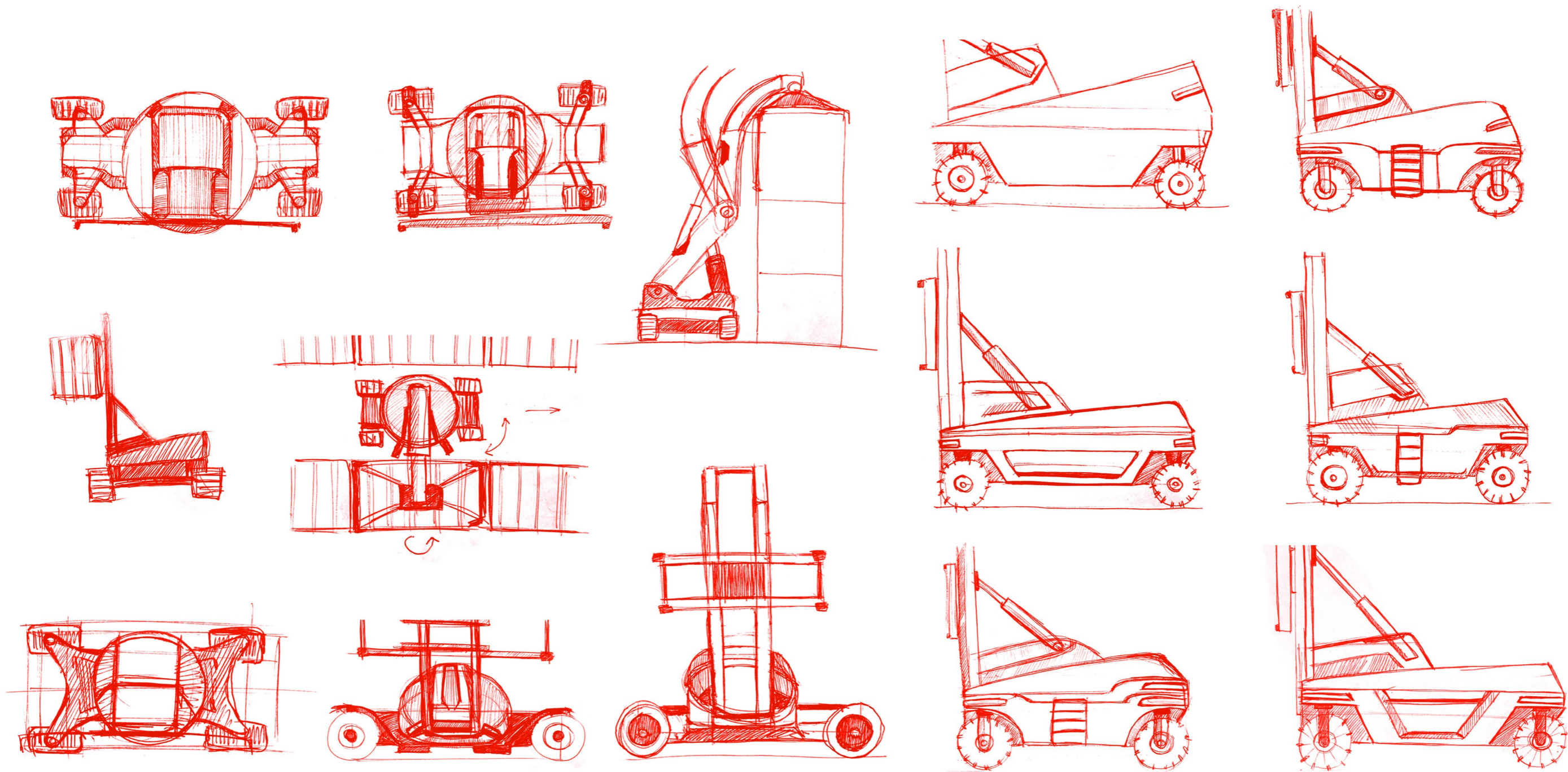
## prostředí

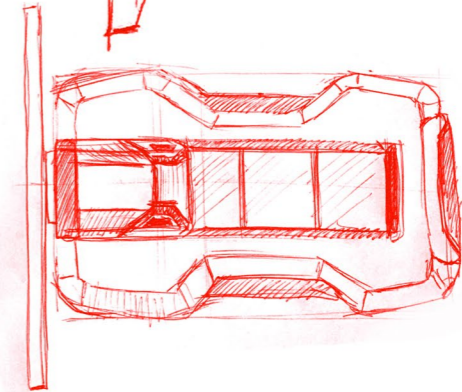
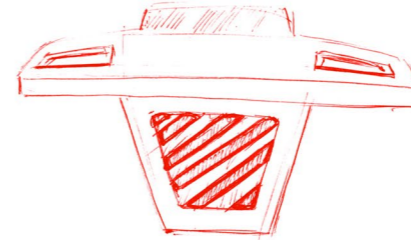
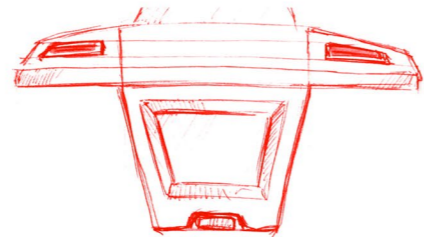
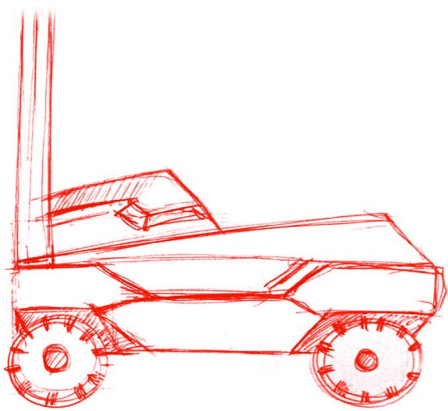
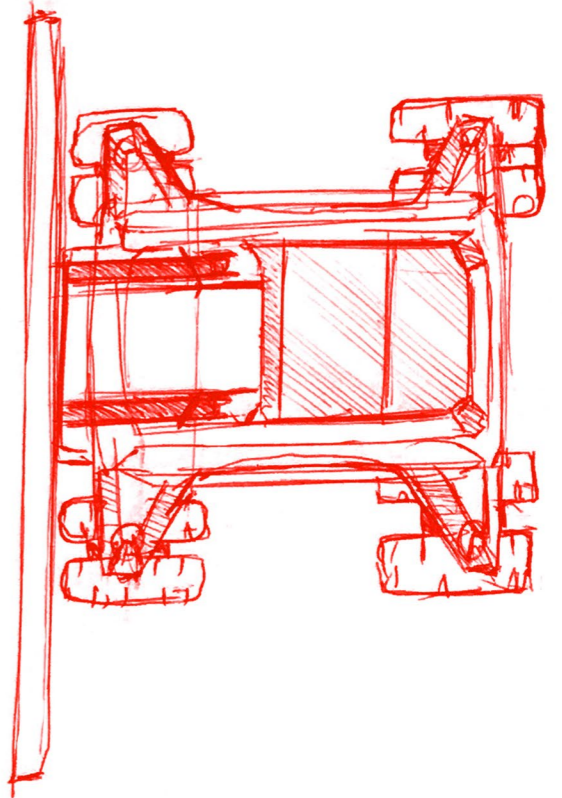
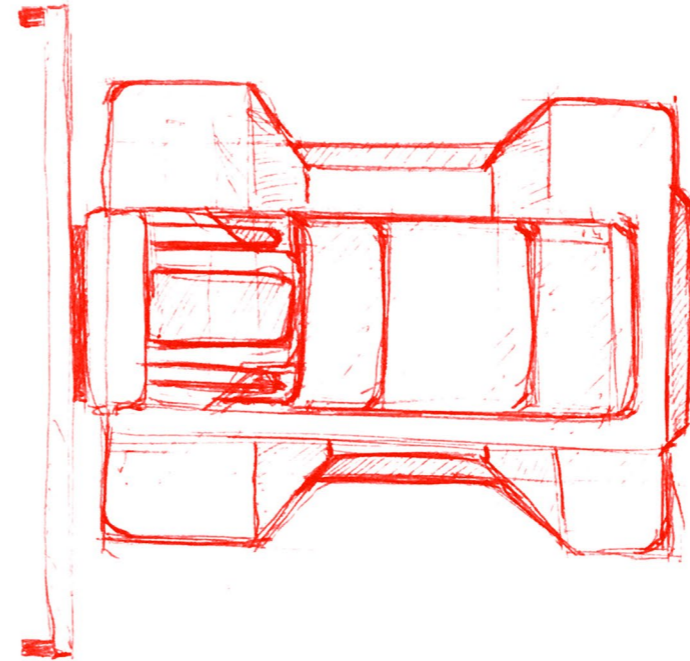
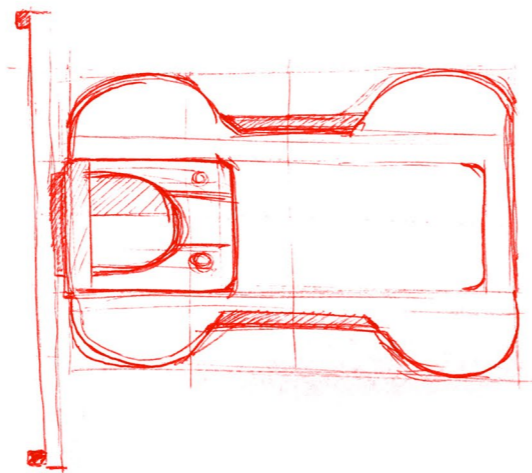
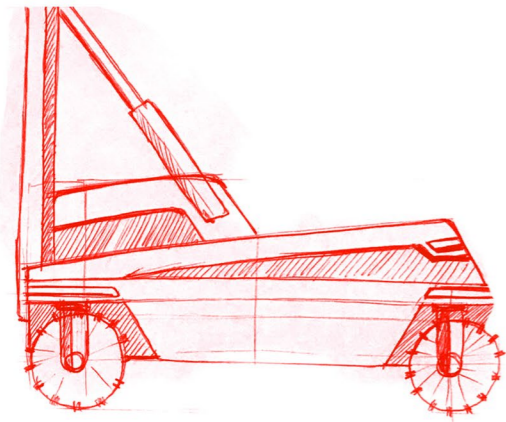
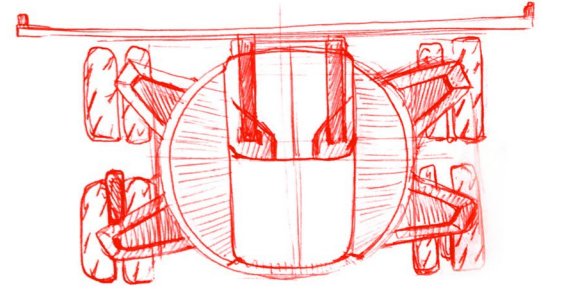
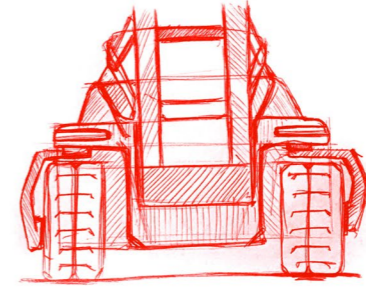
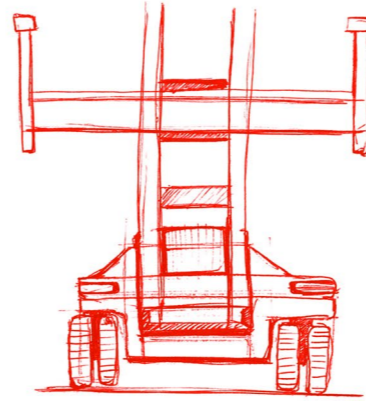
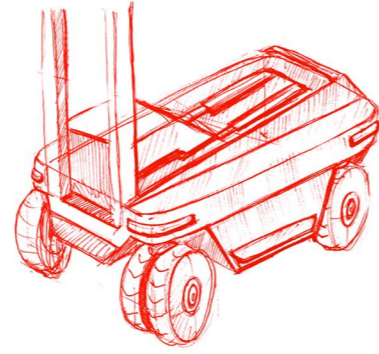
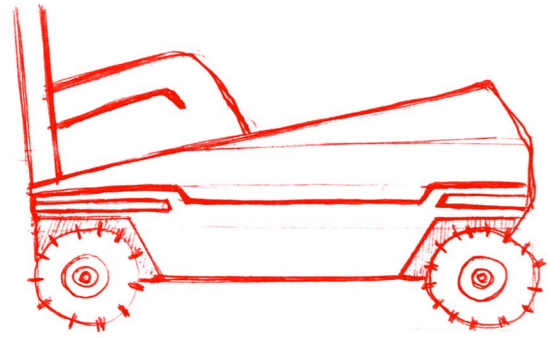


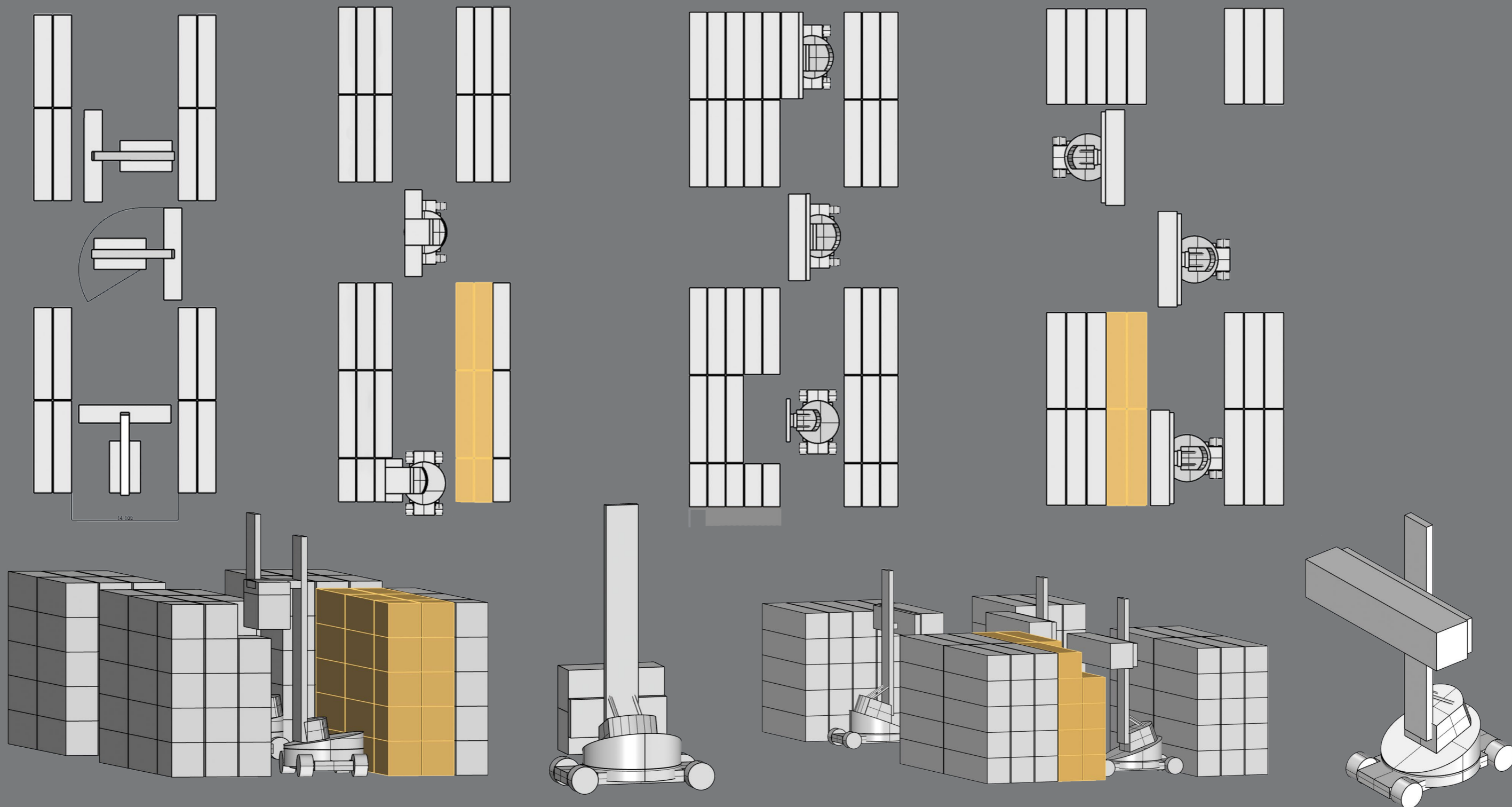
## tvárová inspirace



Stanovil jsem si kritéria, která by mělo tvarosloví reflektovat. Tím jsou: **odolnost, spolehlivost, nadčasovost a bezpečnost**. Na základě těchto kritérií jsem hledal inspiraci v již existujících předmětech. Nesoustředil jsem se pouze na stroje pohybující se v kontejnerové přepravě a těžkém průmyslu, ale díval jsem se i dále. Výrazně na mě zapůsobily produkty firmy KÄRCHER, jejichž čistící technika je hojně využívána na profesionální úrovni. Je vyráběná z odolného plastu a již na první pohled je zřejmé, že obstojí i ve velmi náročných podmínkách. Jedním z požadavků, který vzešel z analytické části, bylo v designu podpořit vícesměrový pohyb. Inspirací mi byly jak kruhové, tak i obdelníkové tvary s rameny.



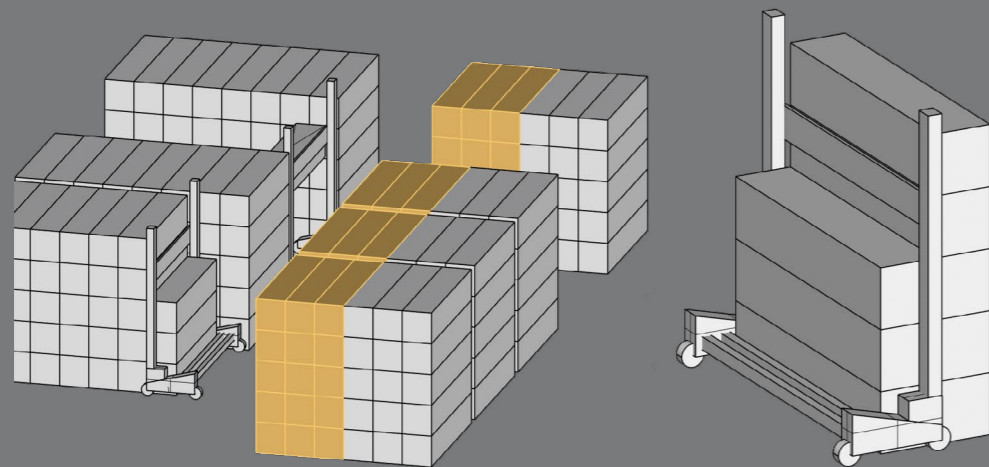




### Koncept 1

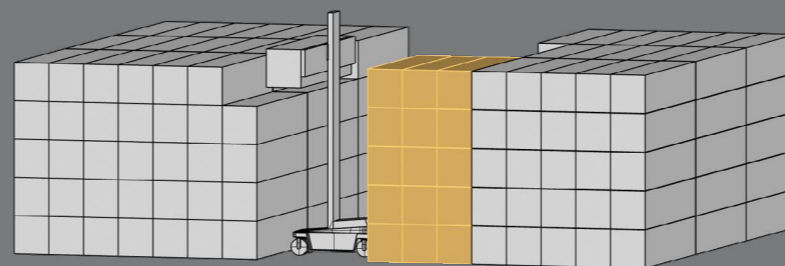
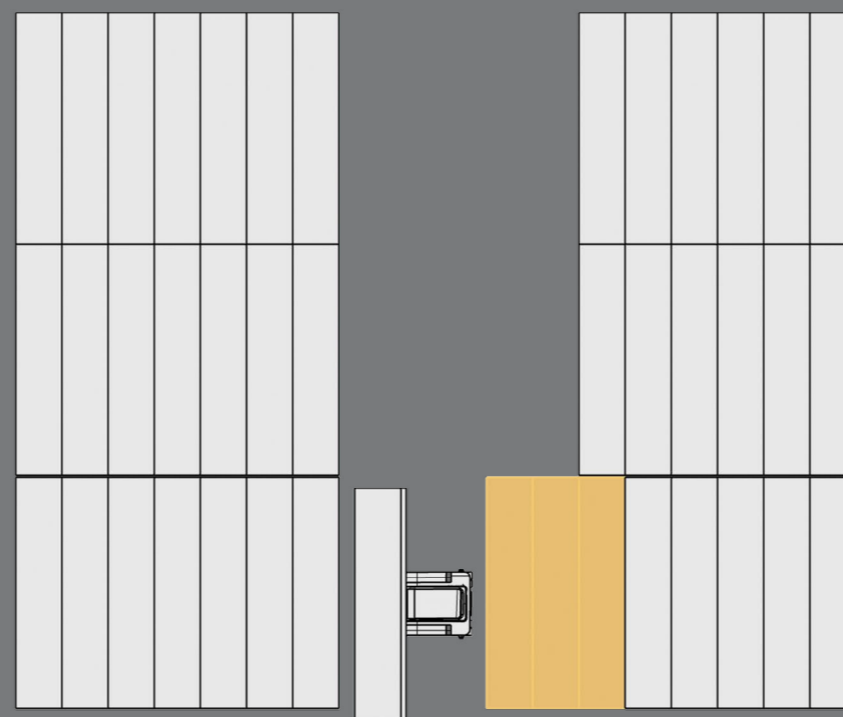
Stěžejní kritéria, která vyplynula z předchozí analýzy, jsou navýšení skladovacího prostoru a zlepšení manévrovatelnosti manipulátoru. Koncept řeší tyto požadavky posuvným zdvižným stožárem, který se posouvá po šikmé ploše. Manévrovatelnost je podpořena koly, které umožňují otáčení o 360°. Otočná je i celá platforma. Díky tomuto řešení dochází ke zúžení uličky a možnosti skladování o dvě

řady kontejnerů více (naznačeno oranžovou barvou). Zkoušel jsem zde také různé sklony plošin a způsob uchopení kontejneru. V prvotní fázi nebylo možné uchopit menší 20stopý kontejner v druhé řadě. Nevýhodou této varianty je poměrně sofistikovaná kombinace pohybů (posuv + rotace).



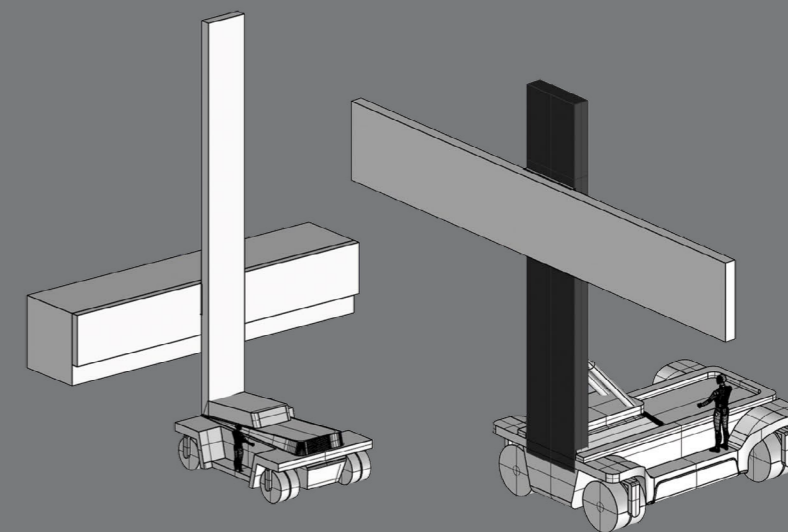
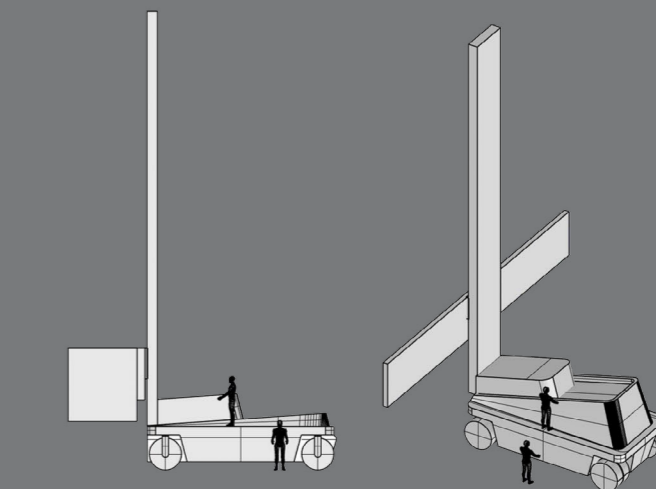
### Koncept 2

Druhý koncept také využívá všesměrový pohyb. Snaží se řešit uchopení kontejnerů ve vzdálenějších řadách. V základu jde o dvě užší platformy, které jsou spojeny jak spreaderem, tak teleskopickou konstrukcí. Ta řeší uchopení kratšího 20stopého kontejneru. Aby se dosáhlo maximální efektivity a využití prostoru, je možné ramena s uchopeným kontejnerem vysunout do středu manipulátoru. Jako nevýhodu vidím složitost mechanismu a nestabilitu.

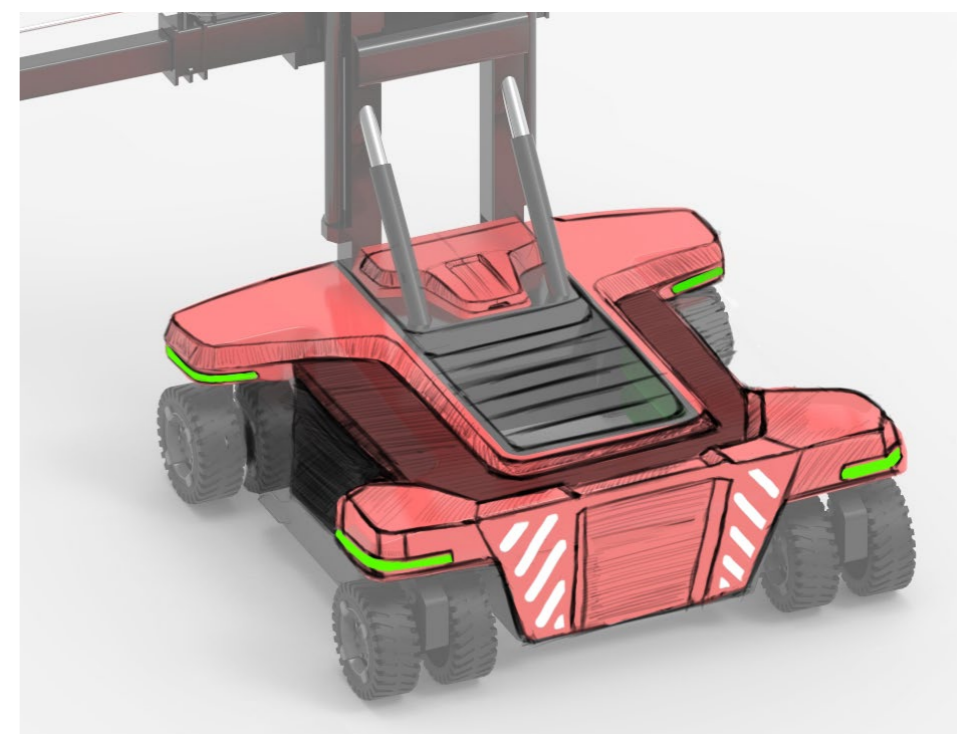
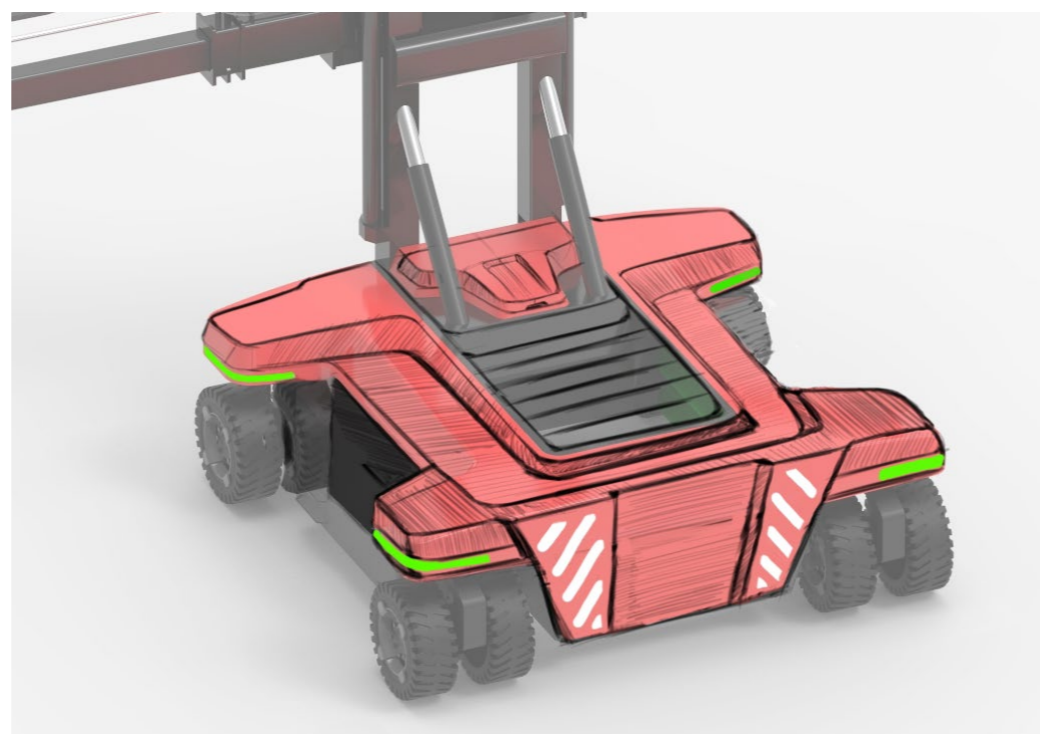
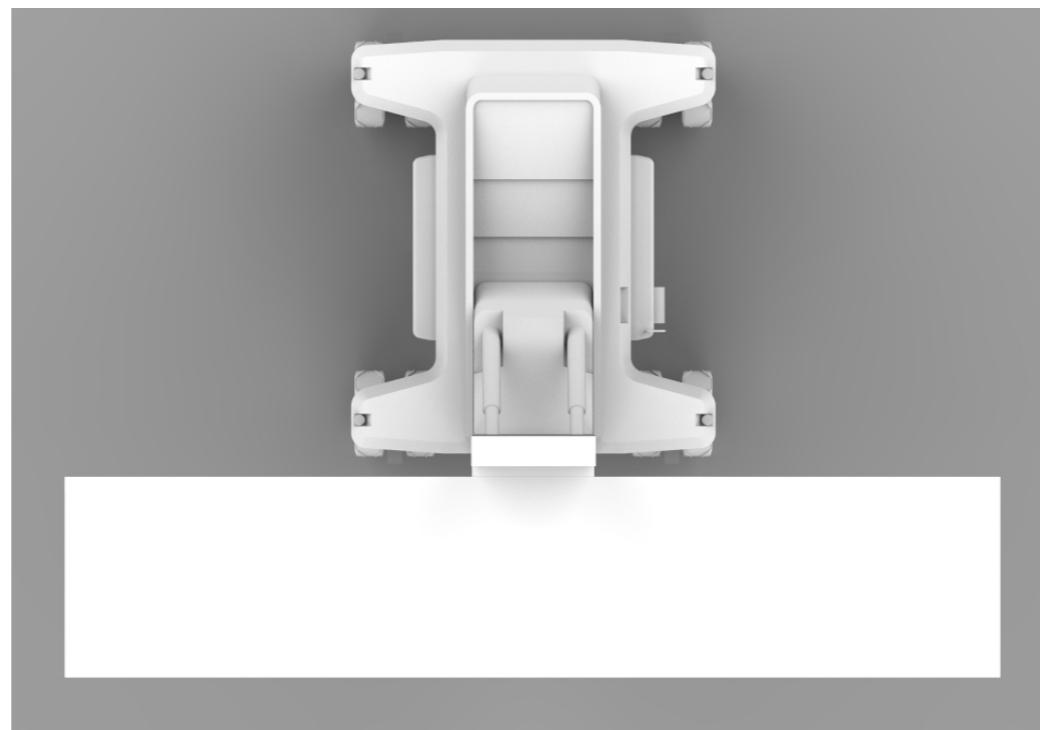
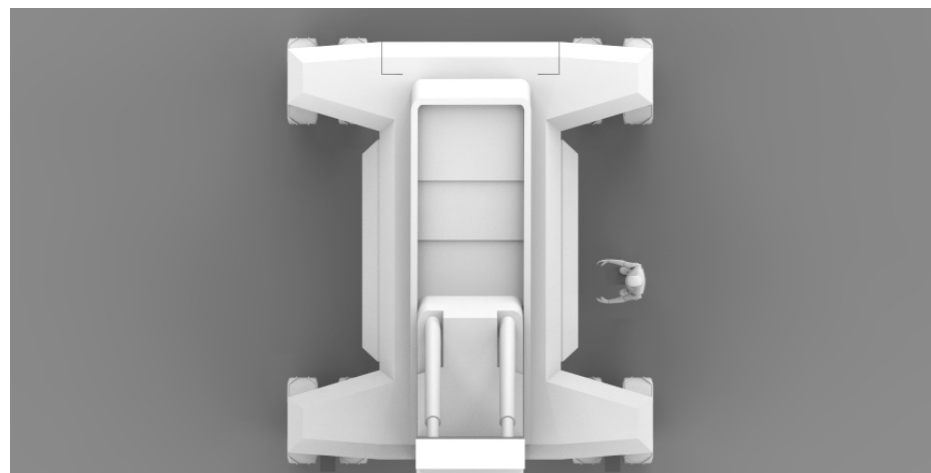


### Koncept 3

Třetí koncept využívá podobné principy jako první varianta. Rozdíl je v tom, že místo po kruhové, otočné platformě, se zdvižný stožár posouvá buď po šikmé, nebo vodorovné ploše. Manipulátor má typičtější obdelníkový charakter. Díky své šířce nemá problém zajet mezi řady kontejnerů a uchopit menší, 20stopý kontejner. Rozhodl jsem se, že se v návrhu dále vydám tímto směrem.



## PRECIZOVÁNÍ VYBRANÉ VARIANTY



Jak už jsem zmínil, rozhodl jsem se dále rozpracovat třetí koncept, který disponuje posuvem zdvižného stožáru do středu stroje a koly umožňující pohyb do všech směrů. Celkový tvar jsem se postupně snažil posunout na novou úroveň, od hranatého tvarosloví k oblému. Zprvu jsem zvažoval posuv zdvižného stožáru se spreaderem pod úhlem. Tento přístup jsem ale opustil, jelikož celek působil chaoticky. Také bylo potřeba zesílit ramena, aby stroj odpovídal svému účelu a prostředí, ve kterém se běžně bude pohybovat. Tyto poznatky odráží červený návrh vlevo dole.

S návrhem jsem stále nebyl spokojený, jelikož postrádal výraz a tvarové propojení horní a spodní části. Vrátil jsem se proto ke skicování. Skicování mi umožnilo odpoutat se od předchozích tvarů a efektivně a poměrně rychle dospět k novým řešením. Propojil jsem zadní část litinovým blokem, který slouží jako protizávaží, odebral boční vystupující krytování a umožnil tak lepší a bezpečnější pohyb servisního technika po stroji.

SYNTÉZA





## VÝSLEDNÝ NÁVRH

Navržený koncept reflektuje předpokládaný vývoj kontejnerové manipulace a dopravy, která bude v provozu v horizontu třiceti a více let. Jde o plně autonomní manipulátor lehkých a středně těžkých kontejnerů, který najde své využití v jejich skladech, přístavních a intermodálních terminálech. Se stálým nárůstem přepravovaných kontejnerů dokáže zefektivnit jejich skladování a manipulaci a zároveň je schopen reagovat na náhlé špičky. Díky své velikosti a teleskopickému spreaderu je schopen manipulovat všechny druhy a velikosti kontejnerů. Klasický spreader je taktéž možné vyměnit za dvojitý typ, který je schopný uchopit dva kontejnery naráz.

## DESIGN

Na začátku navrhování jsem si stanovil několik kritérií, kterých jsem se chtěl při navrhování držet a cílem bylo, aby výsledný návrh tyto body reflektoval. Tato kritéria jsou odolnost, spolehlivost, bezpečnost, nadčasovost, čistota tvaru a všesměrový pohyb. Hlavní myšlenkou návrhu je „vysazení“ ramen s koly mimo hlavní tělo manipulátoru. Inspiraci jsem částečně čerpal v dronech. Ty mají vysunutá ramena kvůli rotačnímu pohybu vrtulí. Jednotlivá ramena zároveň skrývají elektromotory, které umožňují otáčení kol o 360°. Pracoval jsem s různou šířkou bočního krytování a tloušťkou červených laminátových krytů nad koly. Dále pak s jednotlivými úhly. Výsledný návrh pak pracuje s kombinací několika úhlů, přičemž nejvýraznější jsou vnitřní úhly ramen. Ty jsou zkoseny pod úhlem 40°. Díky tomuto poměrně výraznému, opakujícímu se prvku tak vzniká charakteristický rys stroje. Je myšleno i na pohyb zdvižného stožáru s krytem řídicí jednotky. V případě, že je kryt v poloze blíže středu stroje, zkosené vnější plochy spolu korespondují. Díky odebrané hmotě je zároveň zlepšen přístup servisnímu technikovi a je tak zvýšena bezpečnost při pohybu po stroji. Zadní a přední část je opatřena výstražnými bílými pruhy. Vzadu jsou pruhy umístěny na vystupujících částech litinového bloku, který zároveň slouží jako protizávaží. Tímto způsobem jsou ještě zvýrazněny. Celkově je tak docíleno robustnosti a s ní spojené odolnosti, která je adekvátní typu stroje a prostředí, ve kterém se stroj bude pohybovat.

Jak již bylo zmíněno, v přední a zadní části se nacházejí výstražné pruhy a logo výrobce. V tomto případě jde o lídra na trhu, firmu KALMAR. Loga jsou již součástí formy, ve které jsou bloky odlity. Výstražné pruhy jsou dále umístěny na spodních částech plechového bočního krytování a na laminátovém krytu řídicí jednotky. Na bočních stranách pruhy směřují do středu a upozorňují tak na LIDAR senzory, které hrají jednu z hlavních rolí při orientaci manipulátoru v prostoru.

Nosnost: 9t

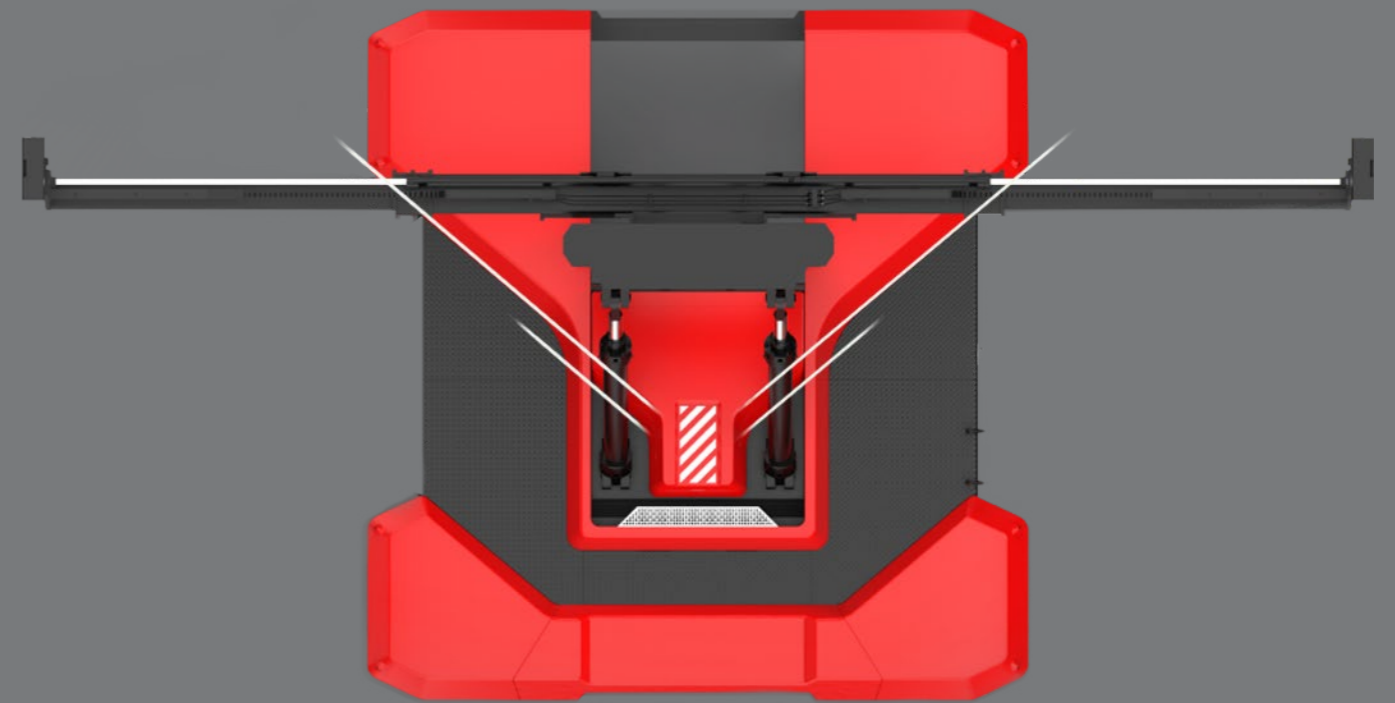
Váha stroje: 41,4t

Hlavní červená barva: Kalmar Red 2012

Černá barva: RAL 9011

Bílá barva: RAL 9010





LOGOTYP

 **THORUS**

 **THORUS**

 **THORUS**

Logotyp vychází z charakteristického tvarování manipulátoru a severské mytologie. Zároveň podtrhuje jeho robustnost a odolnost .

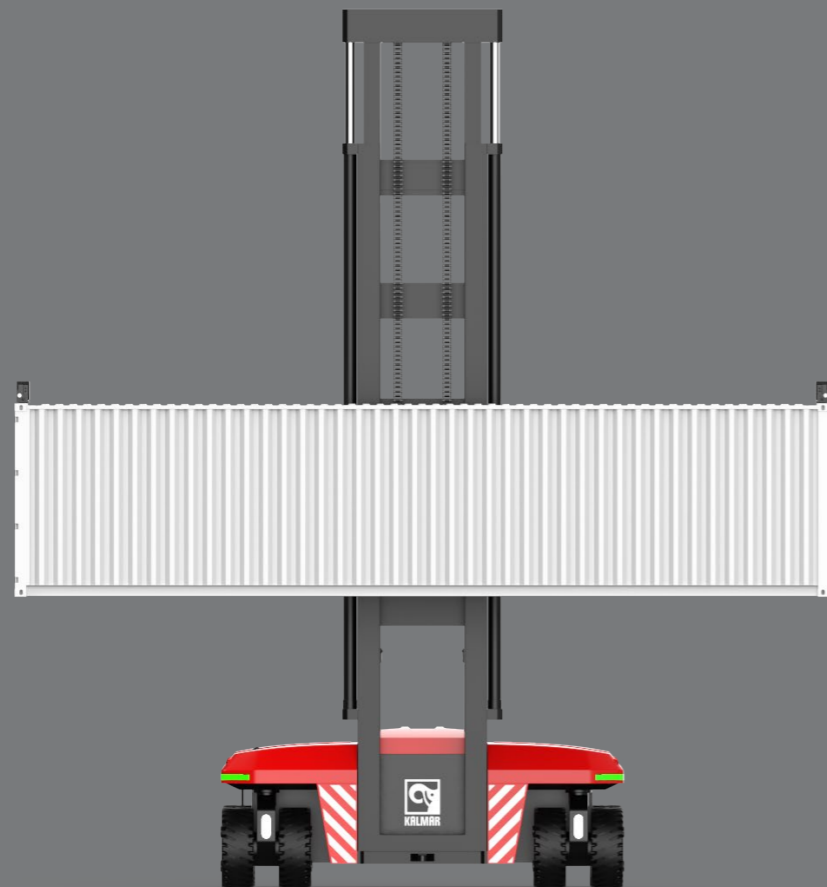


#### VÝRAZ MANIPULÁTORU

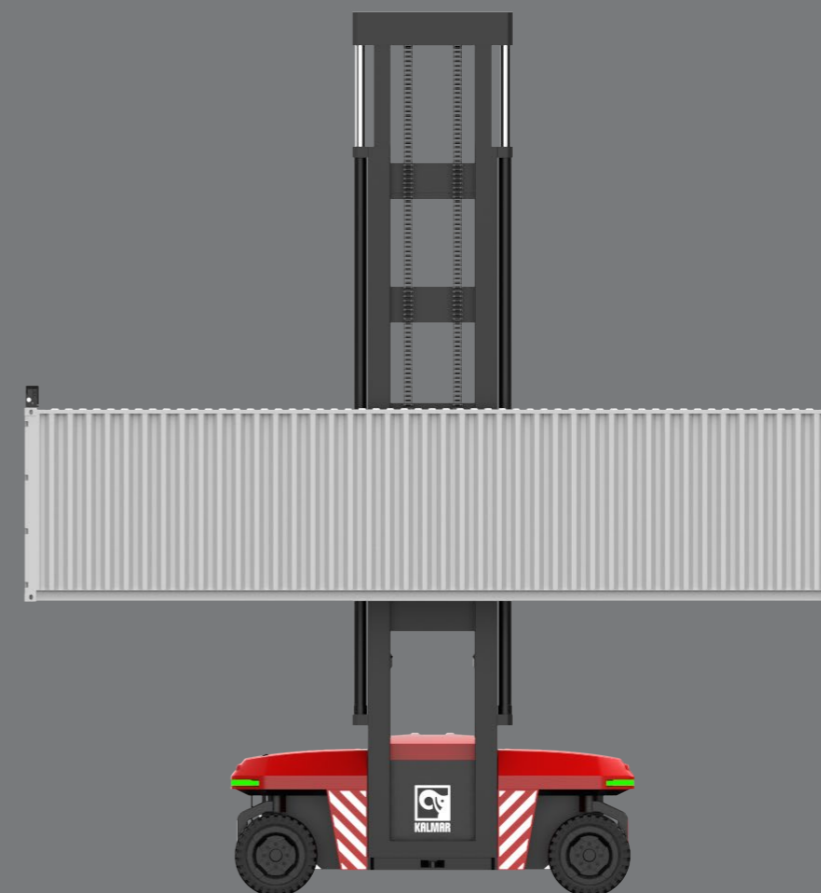
Jde o velký stroj, který se díky svému výrazu najednou stává sympatičtější a čitelnější. Je řešen poměrně minimalisticky. A to pomocí oblých LED světél umístěných na rámech kol, obdelníkových otvorů pro LIDAR senzory a výstražných pruhů, které se sbíhají doprostřed. Výraz se při změně po-

hybu manipulátoru téměř nezmění. Změní se pouze barevnost světél a jejich orientace. Při pohybu dopředu vždy svítí přední světla bílou barvou a zadní brzdová červenou.

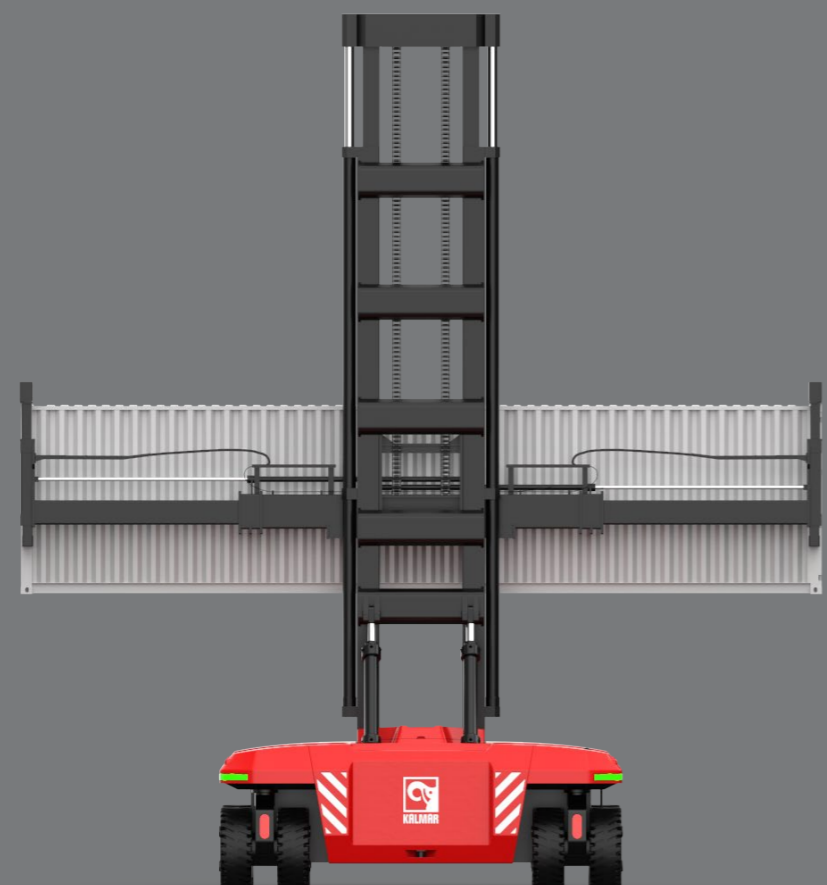




čelní pohled



čelní pohled při pohybu doleva

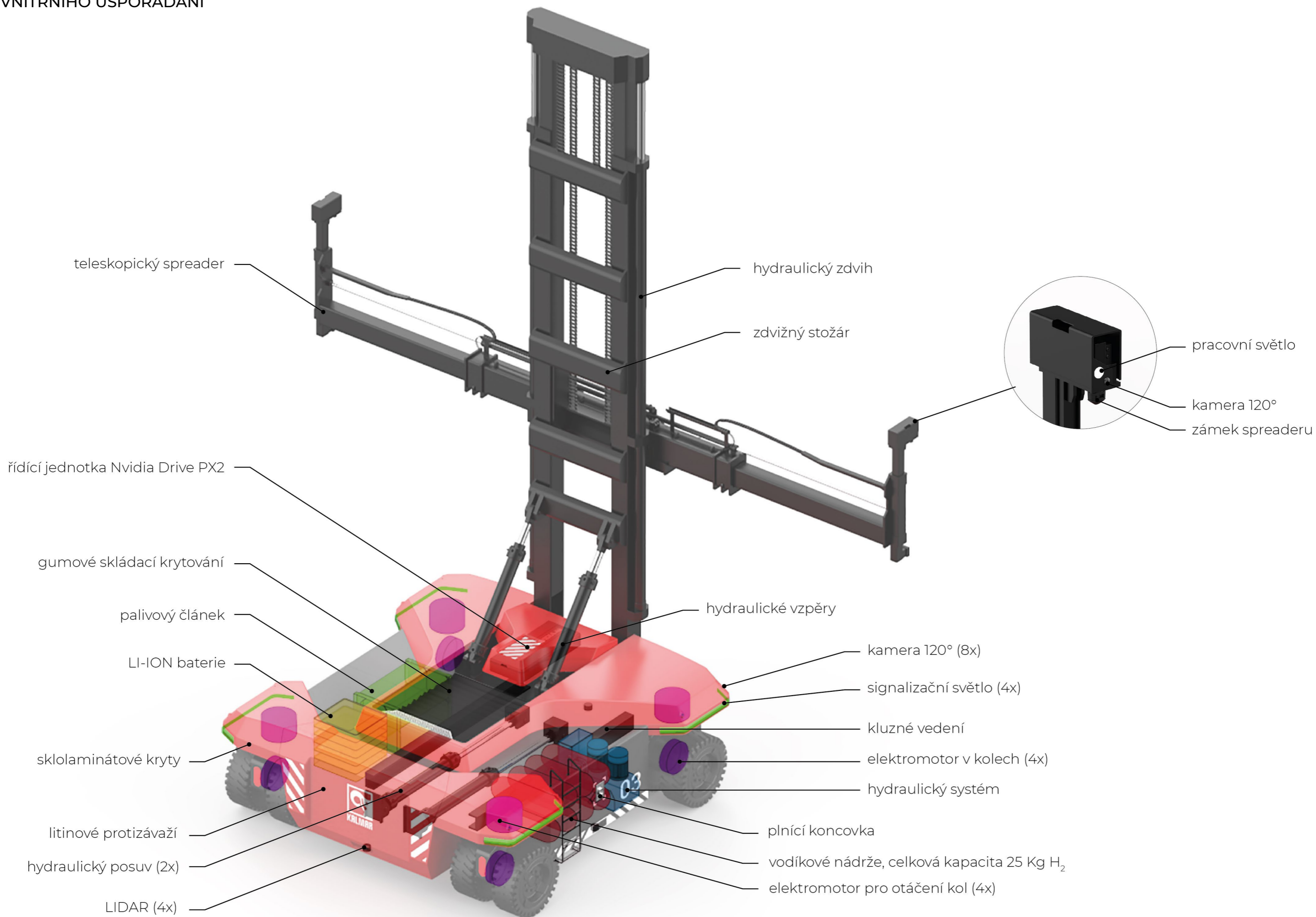


zadní pohled

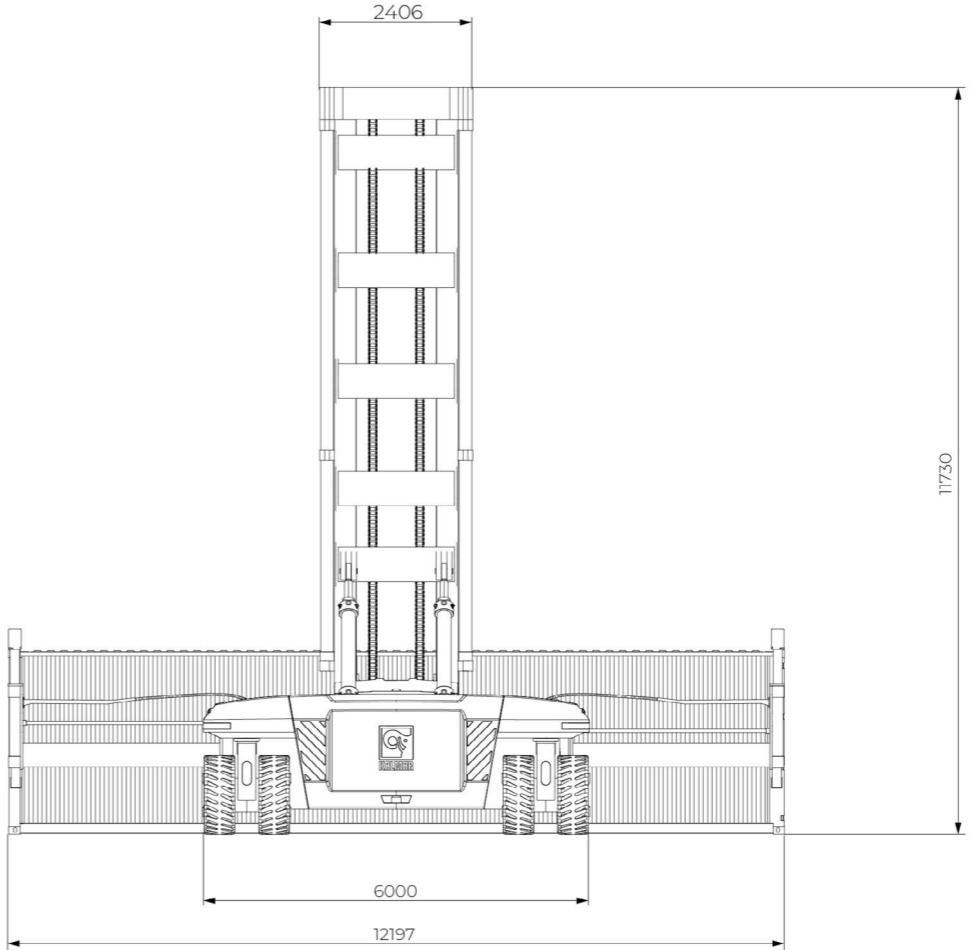
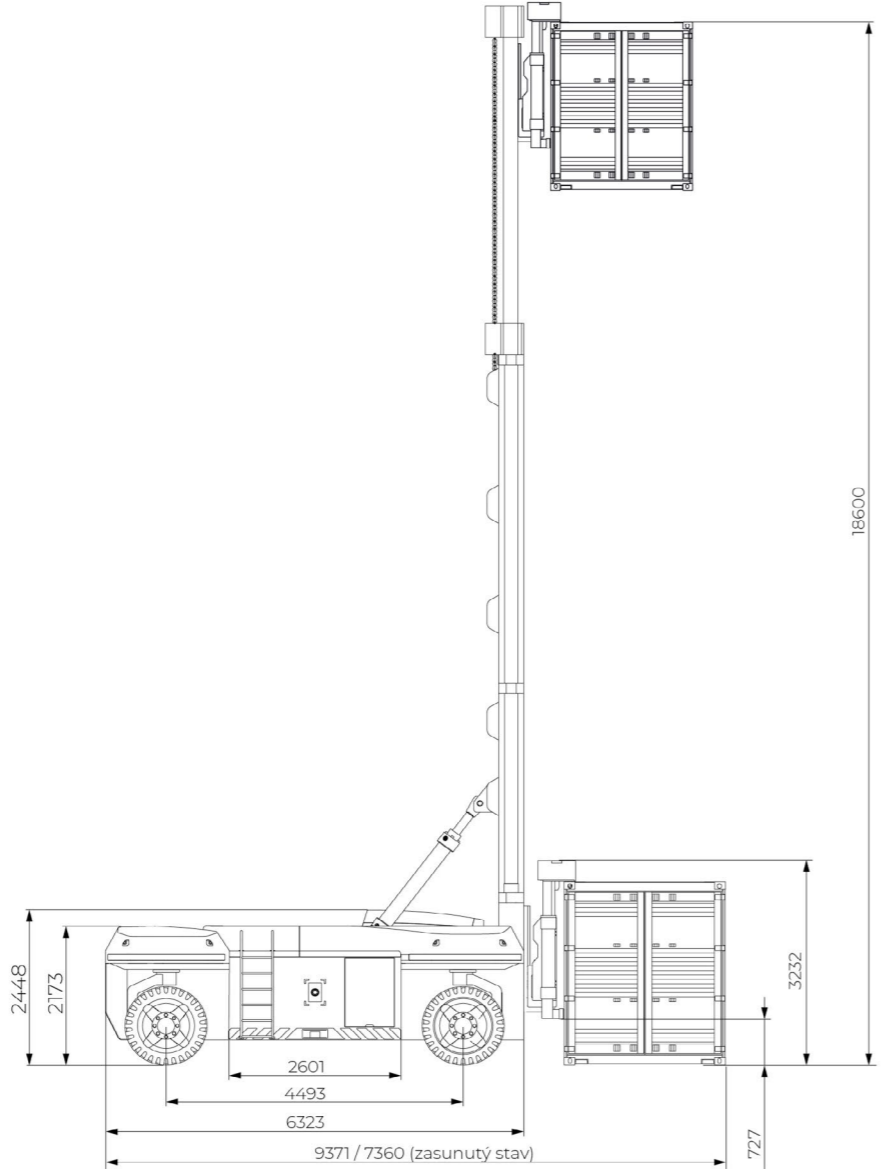


boční pohled při pohybu v uličce

# SCHÉMA VNITŘNÍHO USPOŘÁDÁNÍ

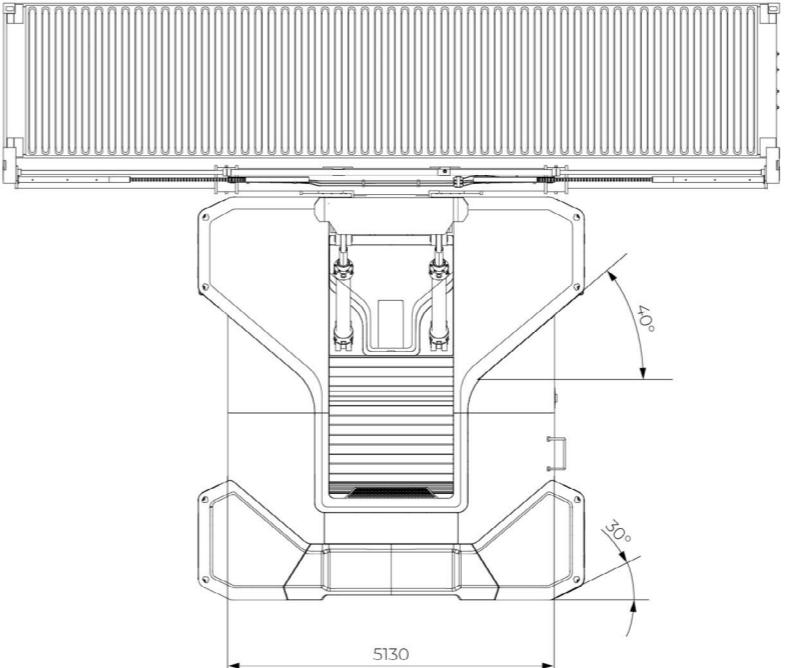


ROZMĚROVÉ ŘEŠENÍ



M 1:108

Nosnost: 9 t  
Váha v nenaloženém stavu: 41,4 t



## NAVÝŠENÍ SKLADOVACÍ KAPACITY VE SKLADU PRÁZDNÝCH KONTEJNERŮ



HCCR Hamburg Container Depot, Altenwerder Damm 22

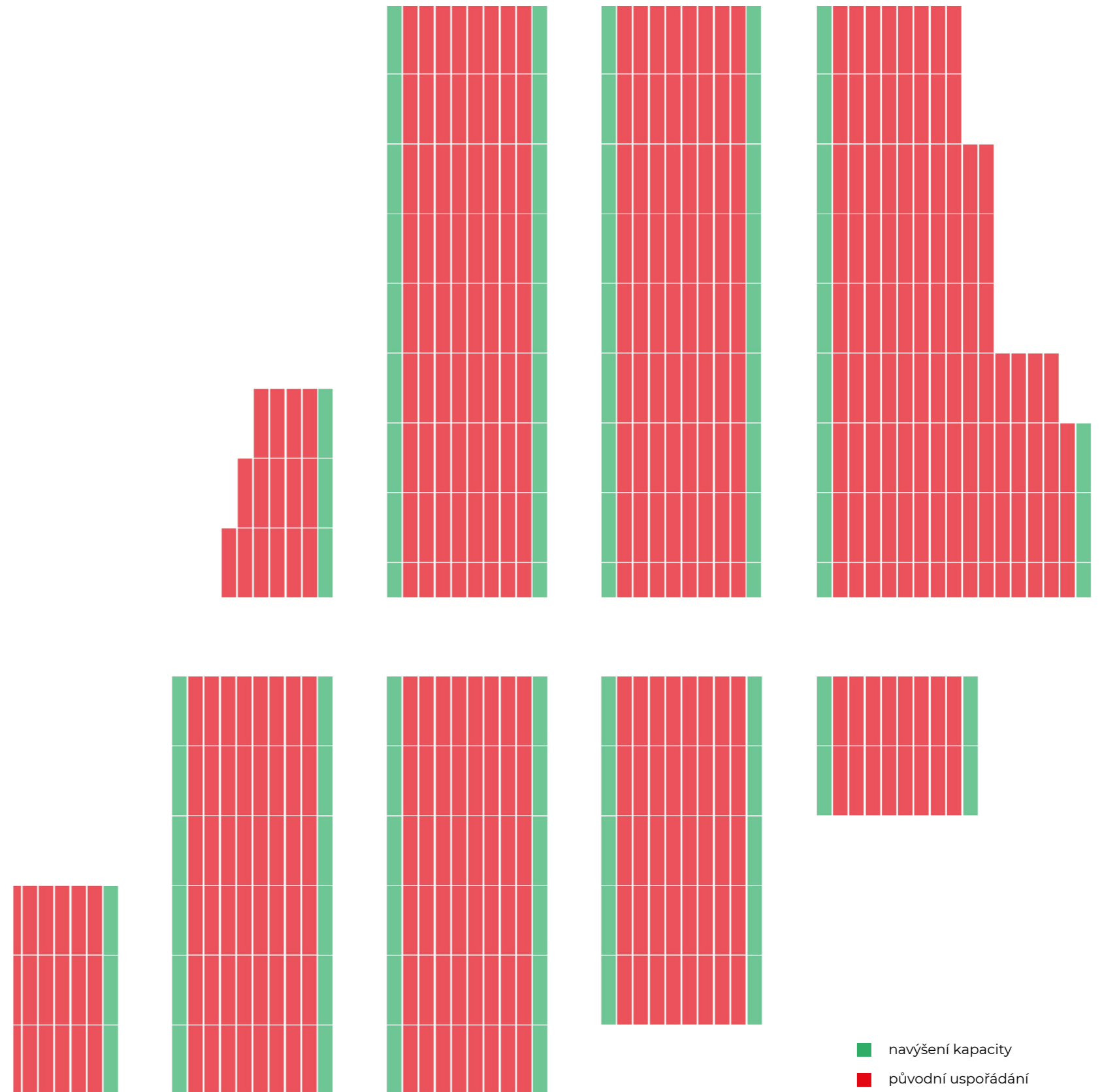
Pro reálnou ukázkou jsem si vybral skladovou plochu nedaleko hamburského přístavu, který je jeden z největších v Evropě. Při zpracování rešerše jsem určitou část času věnoval prohlížení si přístavišť a terminálů pomocí Google Maps. Snažil jsem se více pochopit, jak fungují a jak jsou zónované. Zjistil jsem, že okolo každého velkého přístaviště je umístěno několik skladů prázdných kontejnerů, anglicky depotů. Pro své potřeby jsem si vybral konkrétně sklad HCCR ležící u přehrady Altenwerder. Z mapy jsem byl schopný díky nakresleným čarám určit přesné rozmístění kontejnerů a i maximální stohovací počet. V tomto skladu je stohováno 6 kontejnerů na sebe.

Původní maximální počet kontejnerů: 2 658ks  
 Počet vrstev: 6  
 Původní šířka uličky mezi kontejnery: 14 100mm

Navýšení počtu o: 576ks  
 Počet vrstev: 6  
 Aktuální šířka uličky mezi kontejnery: 10 224mm

### Navýšení kapacity o 17,8 %

Kapacitu by bylo možné ještě navýšit větším počtem kontejnerů stohovaných na sebe. V kratším horizontu by musely být použity kontejnery ve výborném stavu. V delším horizontu by mohlo jít o chytré kontejnery, které by disponovaly automatickými zámky. Byly by schopny komunikovat s autonomním manipulátorem a jejich mechanismus by šlo napájet malými fotovoltaickými články.



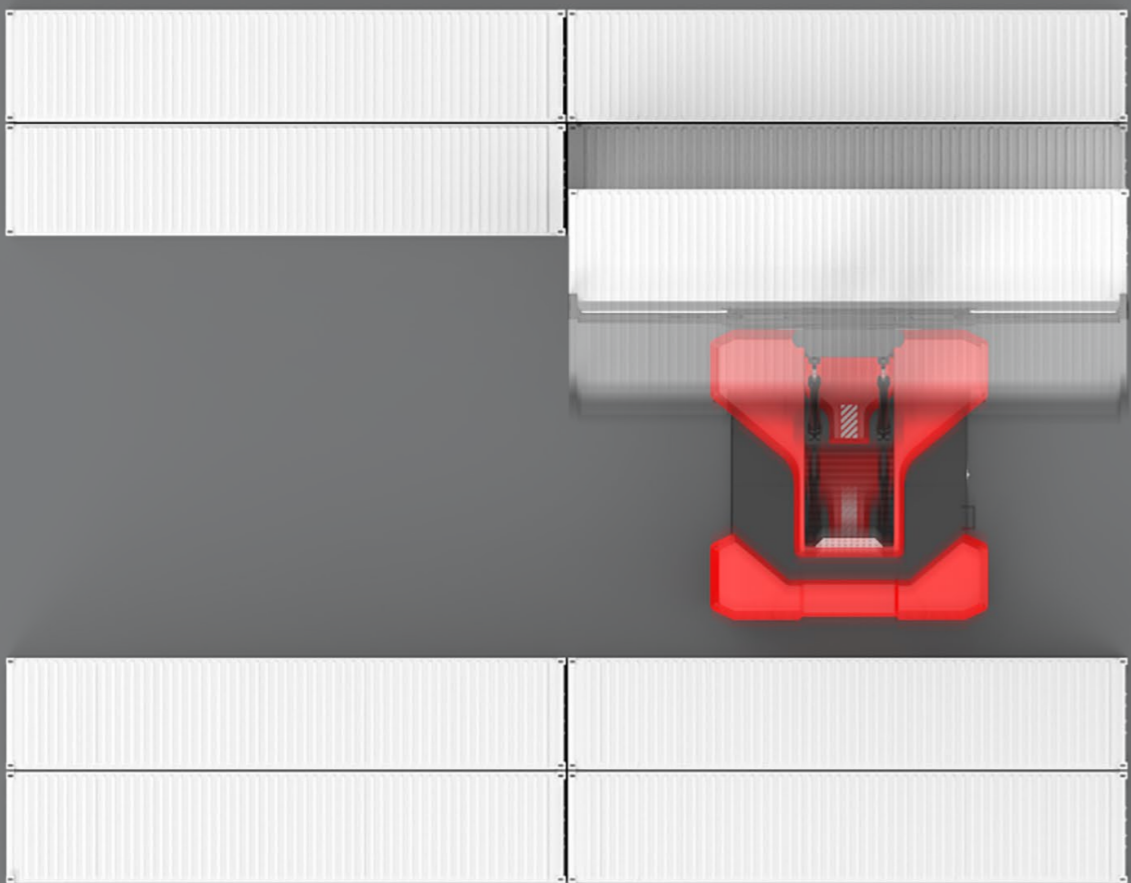


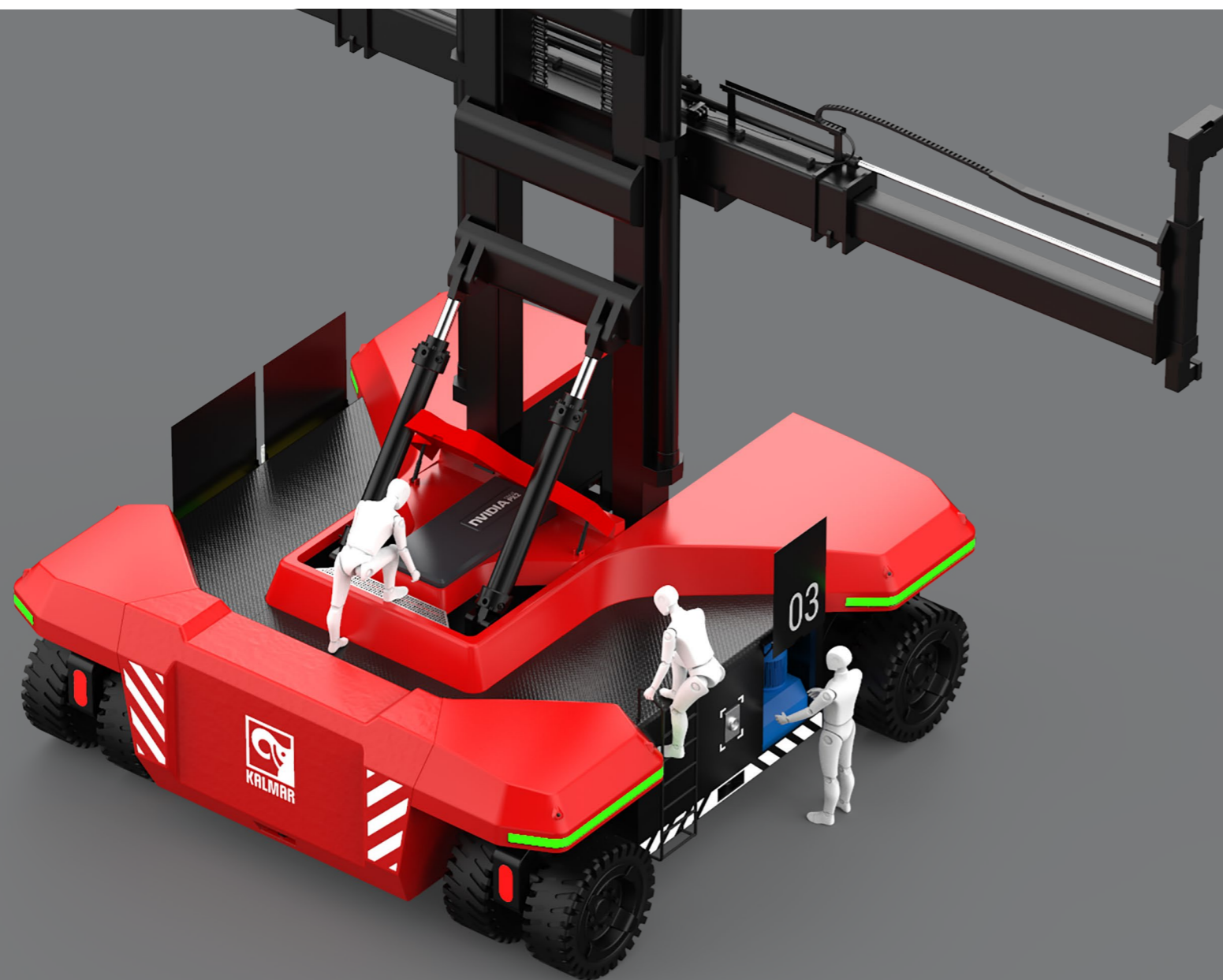


### NAZNAČENÍ JEDNOTLIVÝCH POHYBŮ

Díky horizontálnímu posuvu zdvižného stožáru směrem do středu manipulátoru je po uchopení kontejneru docíleno zkrácení celkové délky a přesunu těžiště více do zadu. Tento fakt umožňuje zredukovat šířku uličky mezi kontejnery, jak je naznačeno na předchozí straně. Manipulátor je schopný stohovat 7 kontejnerů na sebe. V případě, že bude vybaven dvojitým spreaderem pro uchopení dvou kontejnerů najednou, lze tak celkovou výšku o jednu jednotku navýšit. Díky

hydraulickým teleskopickým vzpěrám je možné zdvižný stožár s kontejnerem naklápět ve dvou směrech. Ve směru dozadu stožár dovoluje náklon 6° a ve směru dopředu 3°. Náklony se hodí jak pro bezpečnější uchopování kontejneru ve vyšších výškách, tak při jeho vykládání nanákladní automobil, či vlak.





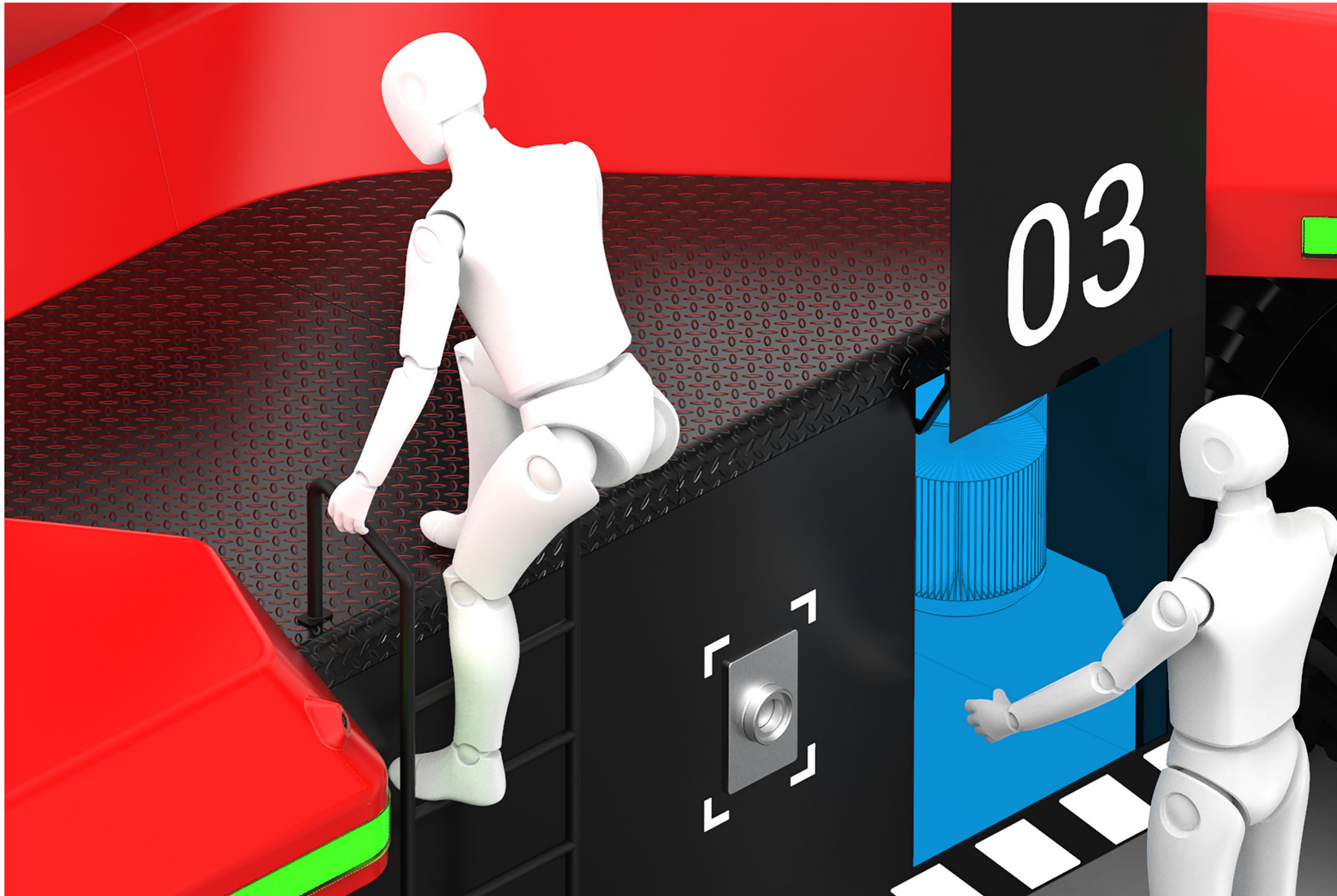
## ERGONOMIE

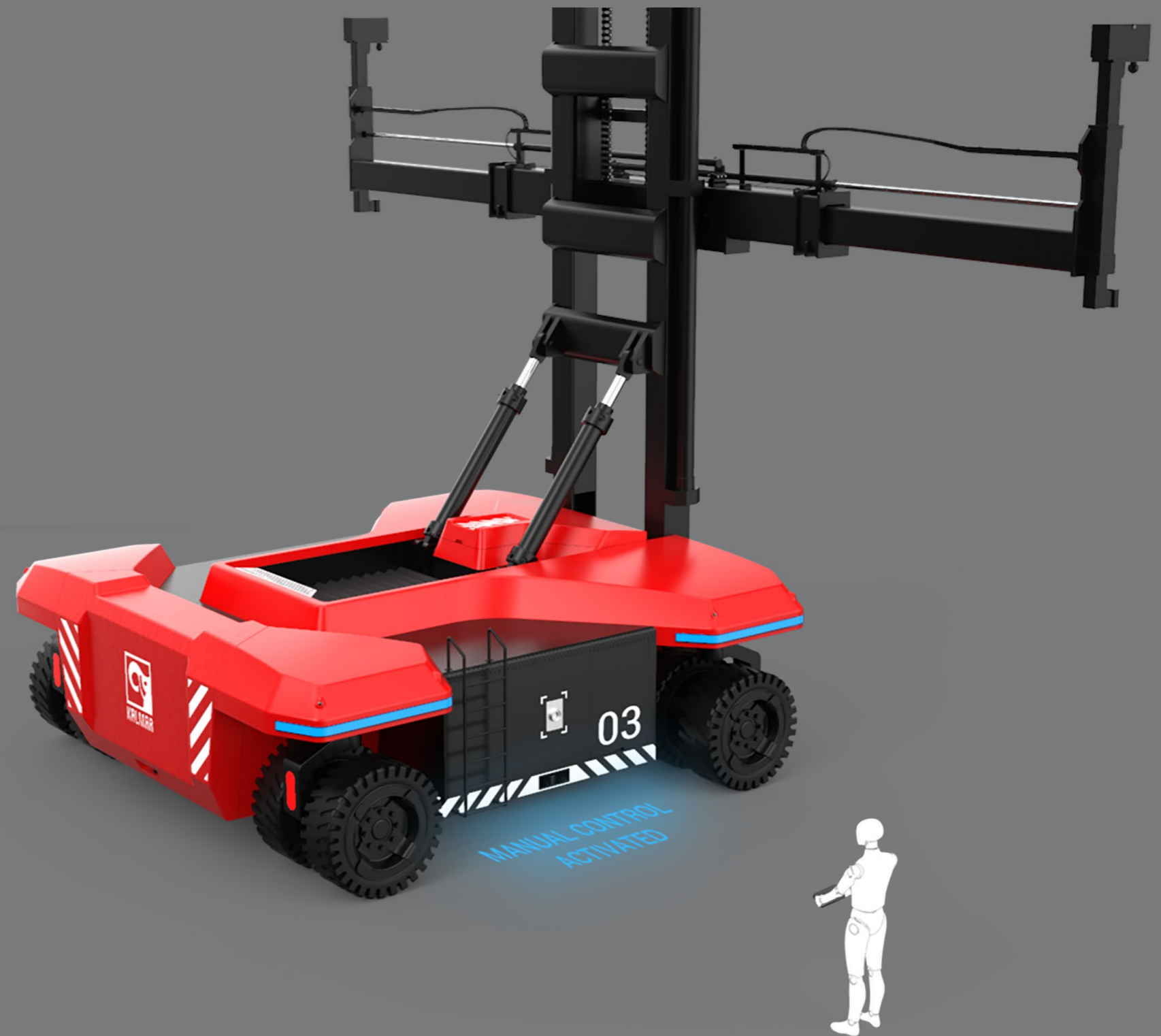
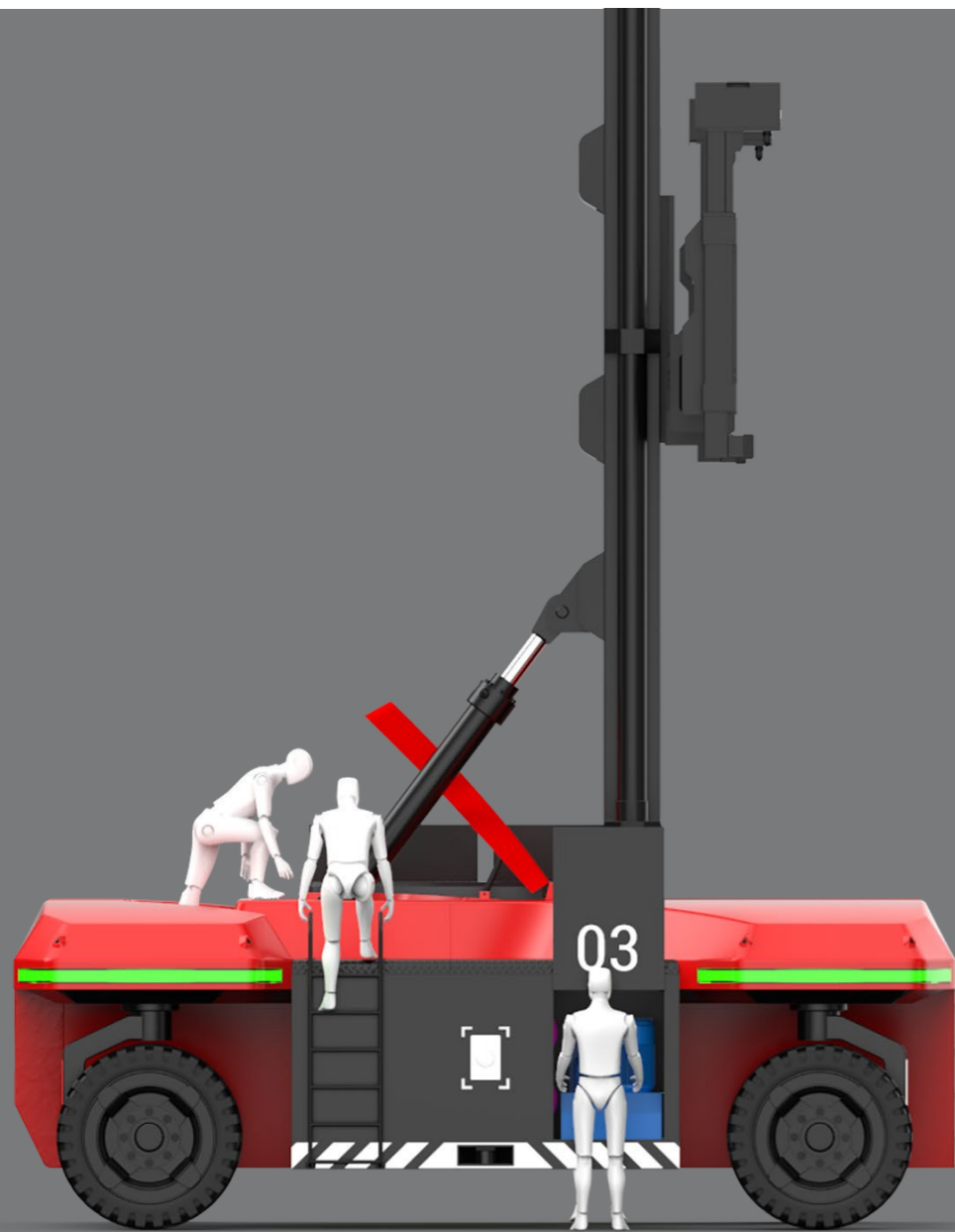
Jelikož jde o autonomní manipulátor, není v rámci ergonomie potřeba řešit pracovní prostor řidiče. Člověk se strojem ale přeci jen interaguje. A to hlavně v rámci servisních úkonů, které probíhají buď v určitých intervalech, nebo při poruše stroje. Jednotlivé servisní vstupy jsou velmi dobře přístupné. Na bočních stranách jsou umístěny plechové dveře, které se vyklápějí směrem nahoru. Díky tomuto řešení je ušetřeno spoustu místa a technik se může okolo servisního vstupu volně pohybovat. Na pravé straně se nachází vstup k hydraulickému systému a vodíkovým nádržím. Na levé straně jsou umístěny vstupy k palivovému článku a rezervním bateriím.

Výška průměrné postavy, ergona: 1 780mm

Další servisní vstup se nachází v horní části stroje. Je jím vstup k řídicí jednotce, která je kryta sklolaminátovým krytem. Aby se k ní servisní technik mohl dostat, musí vystoupat po žebříku, který je umístěn na levé boční straně stroje. Žebřík má v horní části madla, která jsou od plošiny vzdálena 400mm a jsou skloněna pod úhlem 30°. Je tak zajištěn pohodlný výstup i sestup. Pro zlepšení přístupnosti je v místě řídicí jednotky přidán jeden stupeň z děrovaného plechu. Pochozí plošina je vyrobena z protiskluzového slzičkového plechu, který zvyšuje bezpečnost a eliminuje možné pády. Předpokládá se, že se stroj bude ve zvýšené míře využívat v přímořských oblastech, kde se vyskytuje větší proměnlivost počasí.

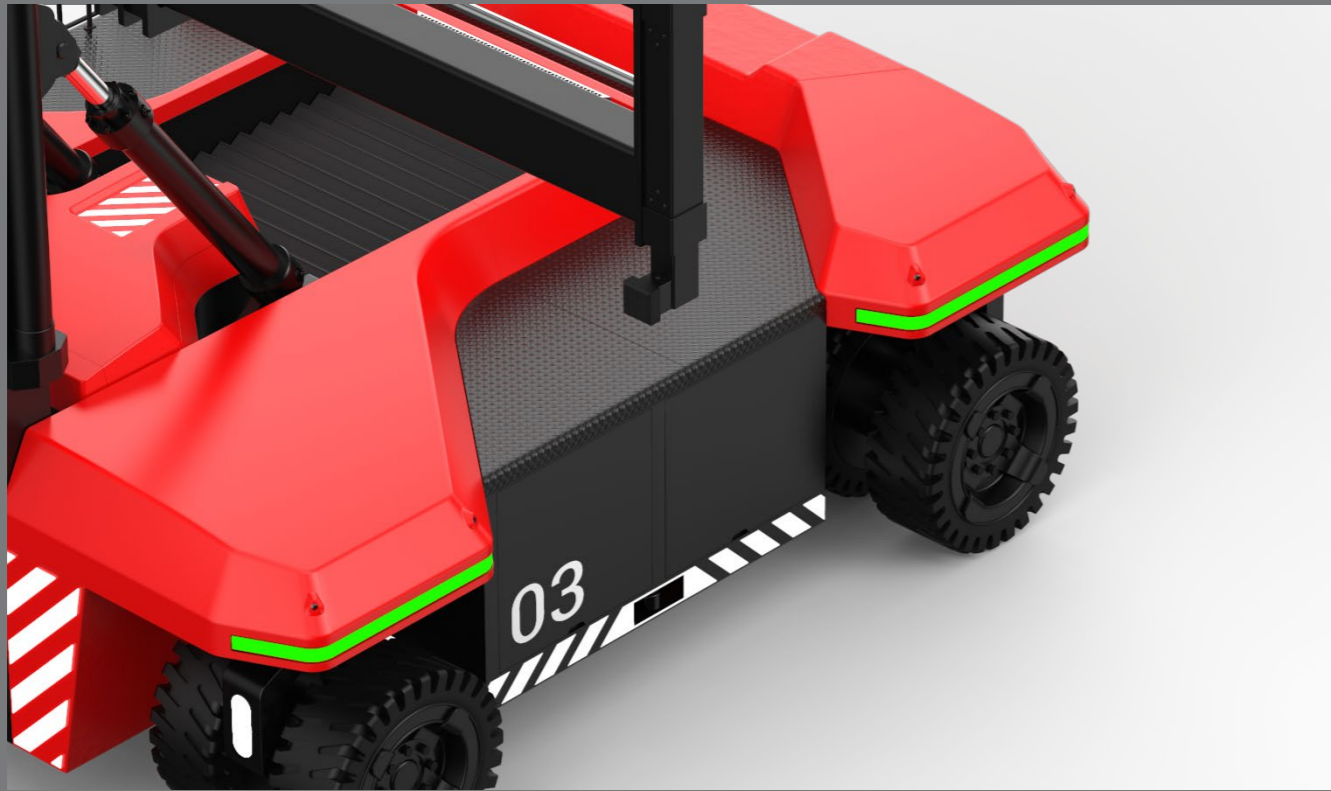






V případě potřeby je možné stroj přepnout do manuálního režimu a ovládat jej pomocí dálkového ovládání. V tomto režimu svítí modrá signalizační světla a zpod bočních krytů se na zem před manipulátor promítá hlášení „MANUAL CONTROL ACTIVATED“. Je tak zajištěna dobrá zpětná vazba pro operátora.

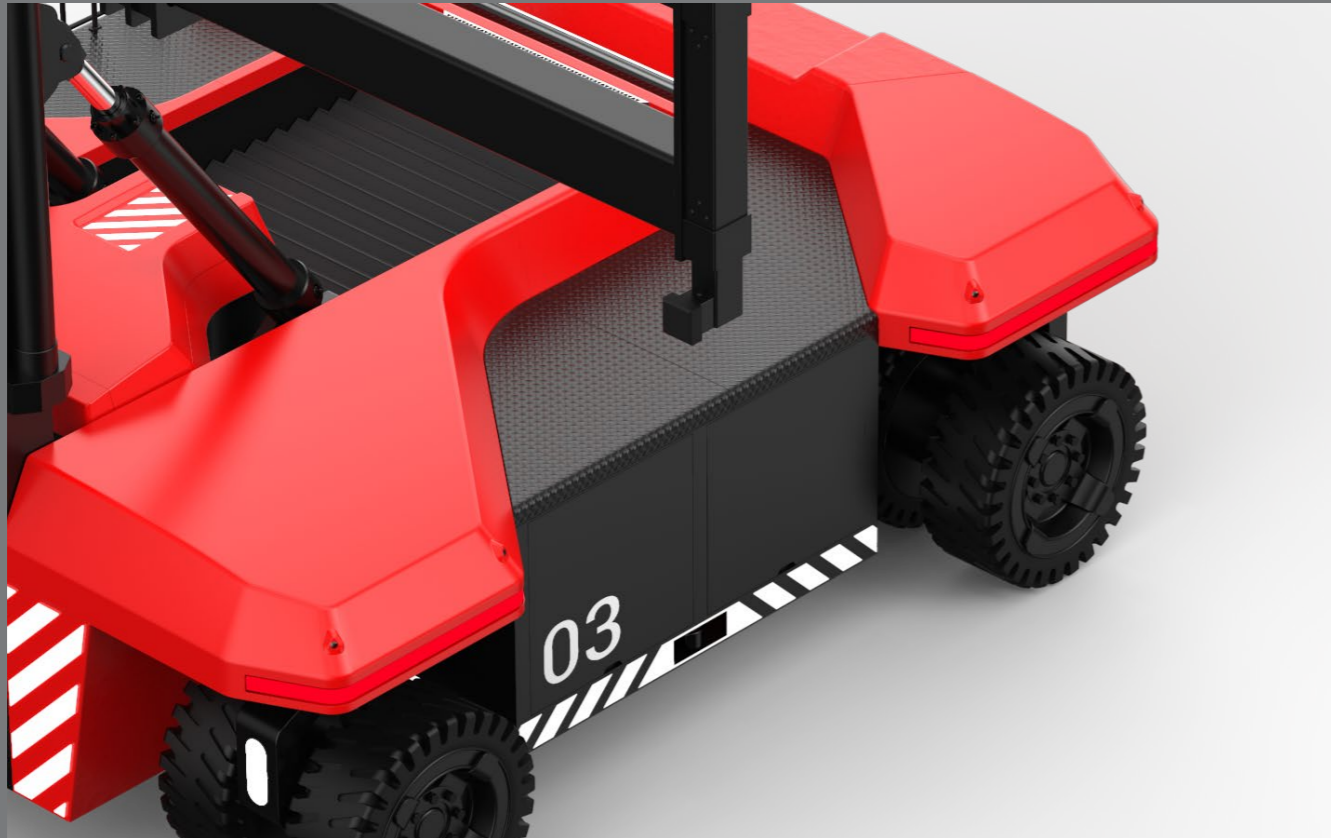
## SIGNALIZAČNÍ SVĚTLA



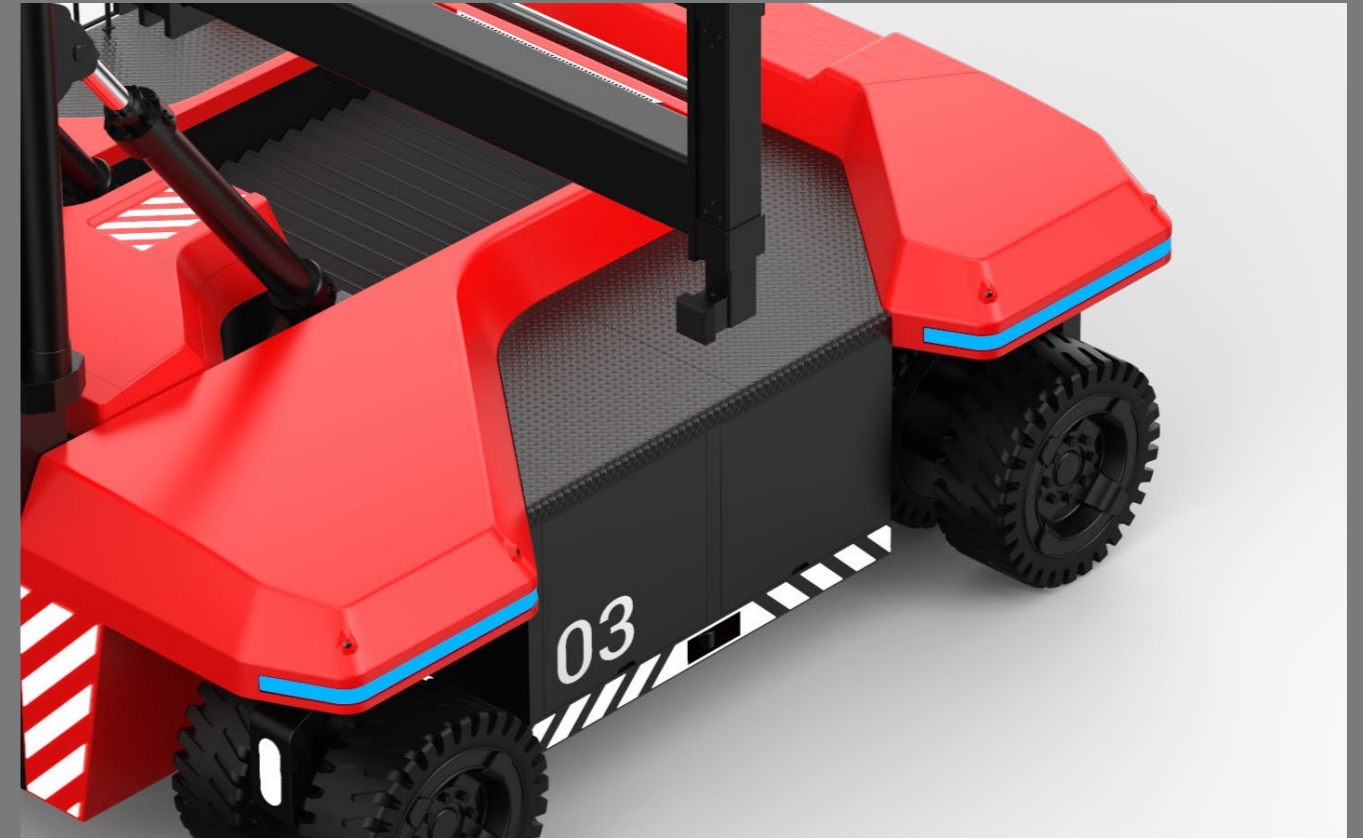
**ZELENÁ** - stroj je v provozu a pracuje bez chyb. V tomto režimu slouží při odbočování i jako směrová světla. Světlo neblíká, ale projíždí podélně skrz LED pruhy.



**ŽLUTÁ** - stroj není aktuálně v provozu, ale nehlásí chybu. Tato barva se krátkodobě rozsvítí při nutném zastavení před překážkou. Dále také svítí při tankování vodíku.



**ČERVENÁ** - stroj stojí a hlásí chybu. Informace se zobrazuje v řídicím centru a je nutné provést patřičné kroky k jeho opravě.



**MODRÁ** - stroj je přepnut do manuálního režimu. Obsluha je schopná stroj ovládat pomocí dálkového ovladače.



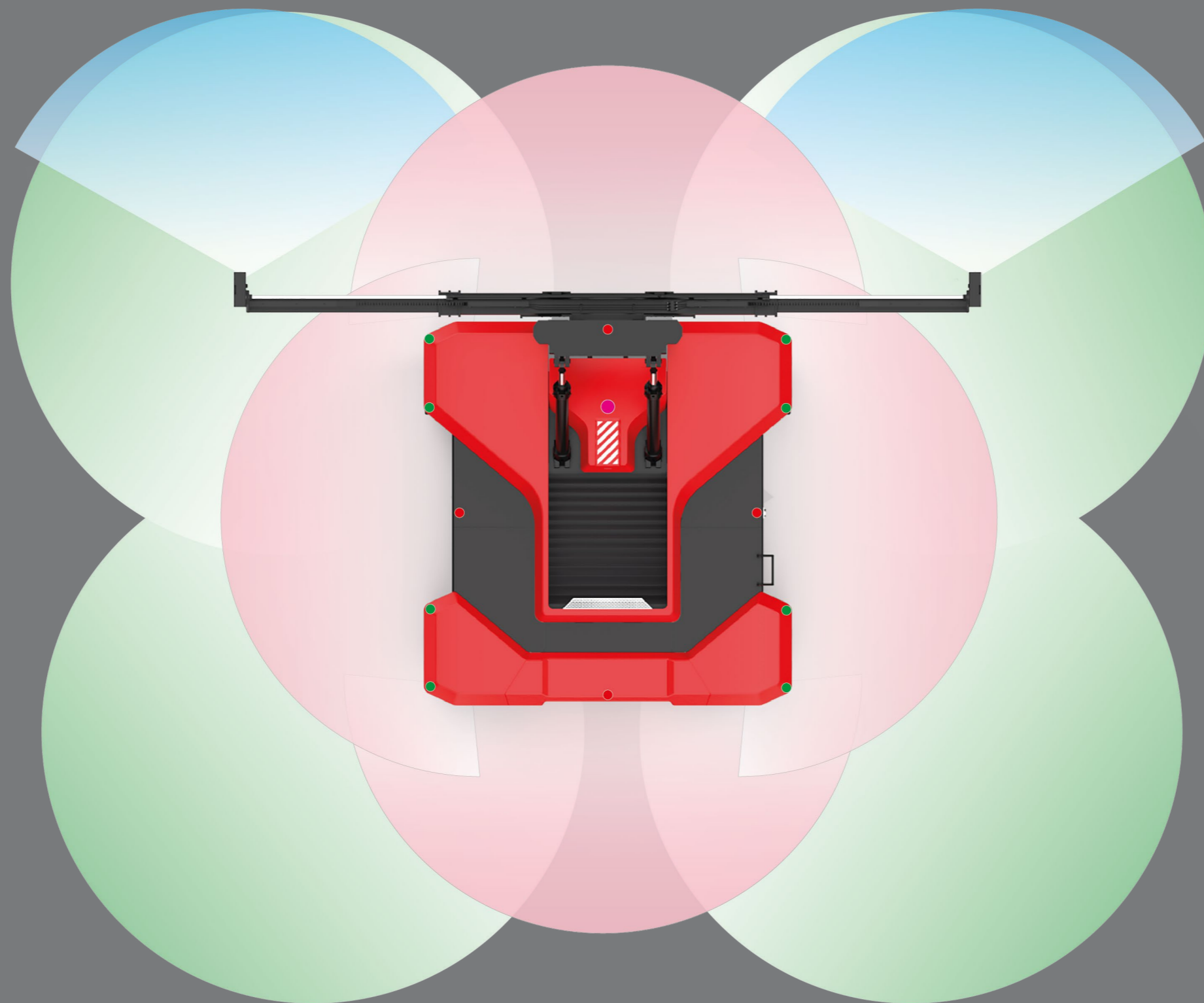
#### POUŽITÉ MATERIÁLY

Součástí kapotáže jsou tři hlavní materiály. Jsou jimi litina, sklolaminát a plech. Litina obecně poskytuje široké možnosti tvarování a v oblasti těžkých strojů se hojně využívá jako protizávaží. To je umístěno v zadní části. Jeho součástí je zapuštěné logo, výstražné pruhy a otvor pro LIDAR. Dále je litinový blok použit pod krytem řídicí jednotky. Zde slouží také jako závaží a jeho součástí jsou oka pro ukotvení teleskopických hydraulických vzpěr a kluzné vedení. Zbýlé červené díly krytování jsou vyrobeny ze sklolaminátu. Sklolaminát taktéž umožňuje velkou míru tvarování

a zároveň je lehký, odolný a nepodléhá korozi. Zajišťuje tak delší životnost stroje, který se ve velké míře případů pohybuje v přímořských oblastech. Laminátové kryty mají vypnutý charakter a jsou podepřeny opěrnou konstrukcí. Černé díly jsou vyrobeny z ohýbaného plechu. V případě pochozí plošiny jde o protiskluzový sličkový plech, který zvyšuje bezpečnost a eliminuje možné pády.



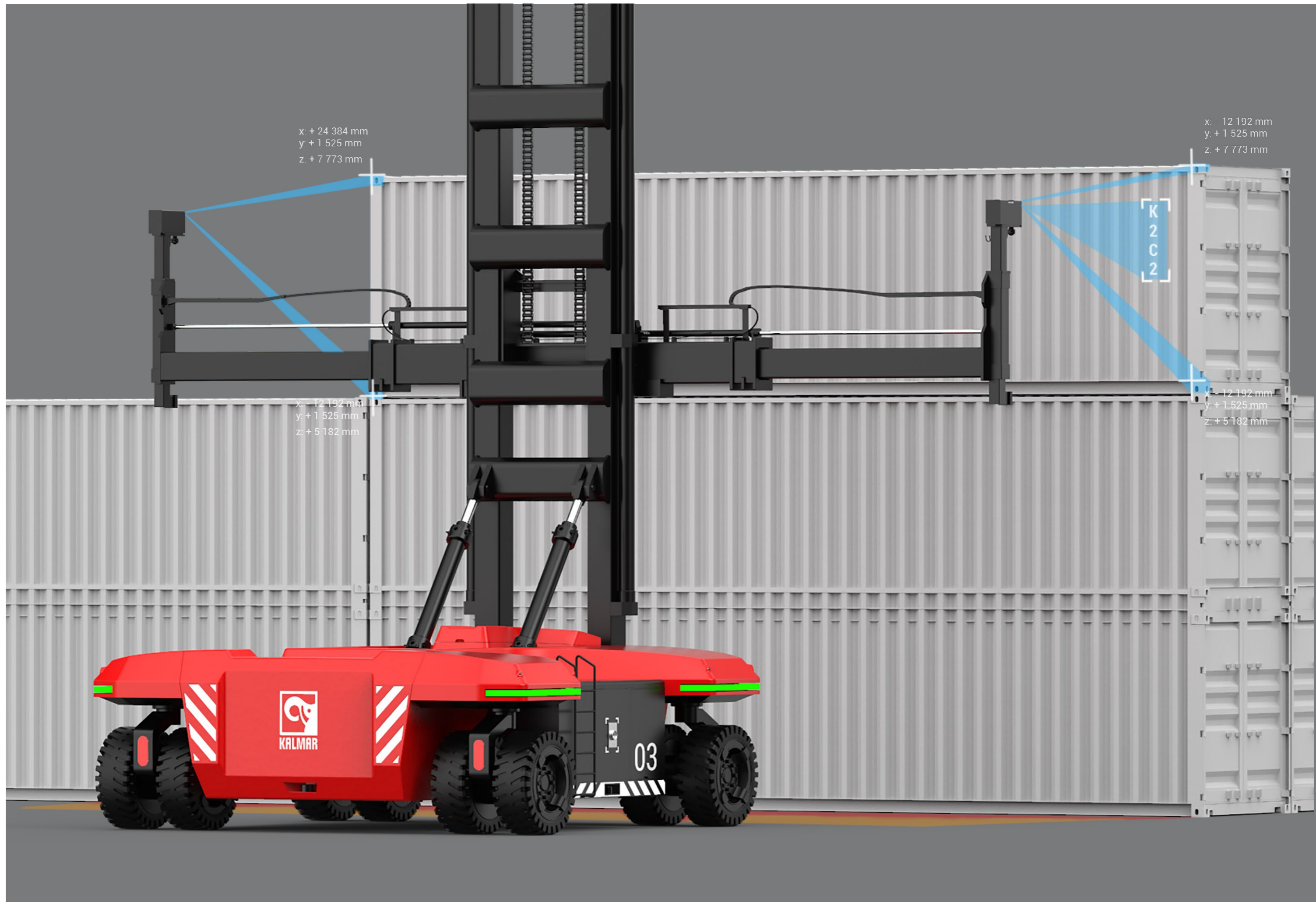


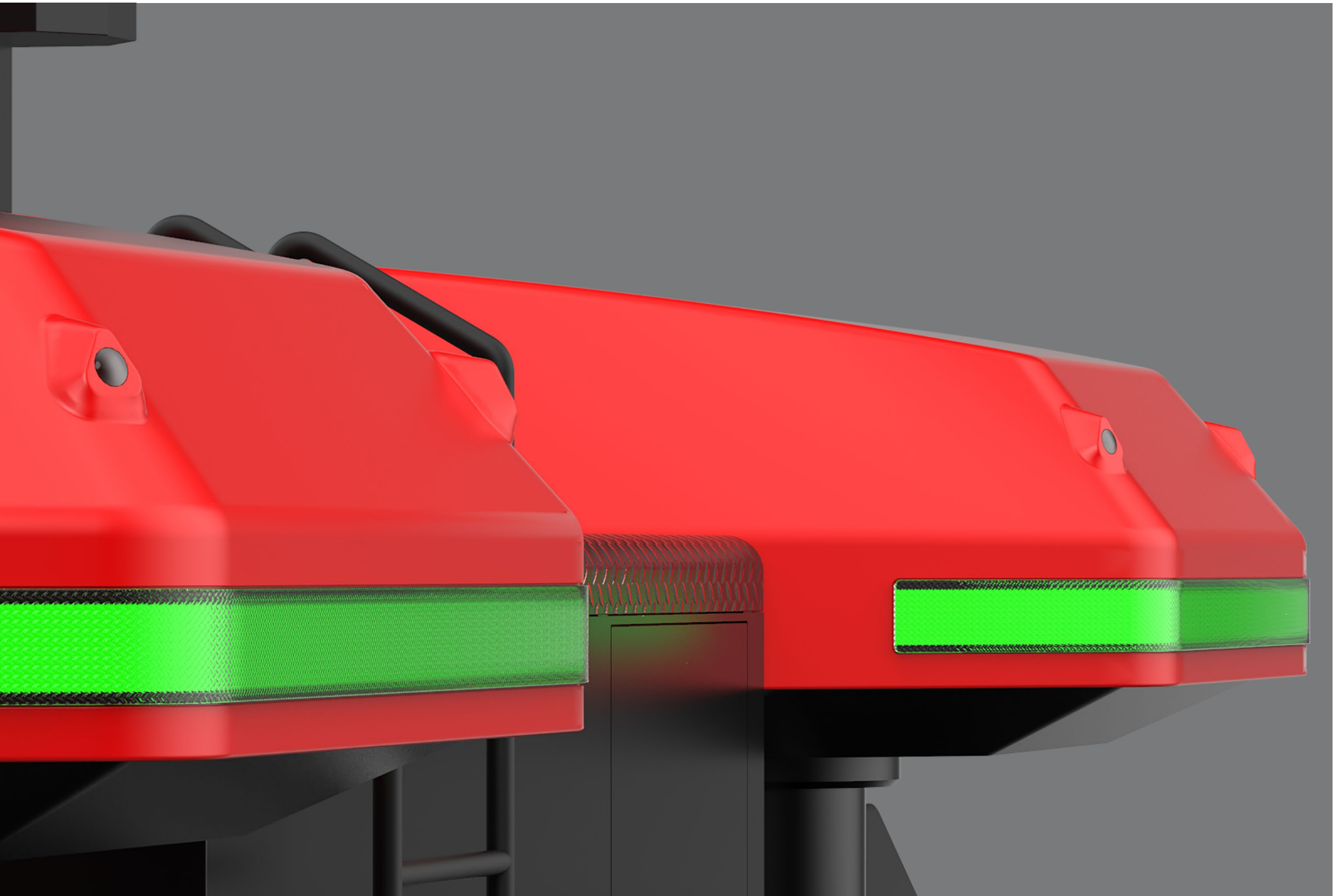


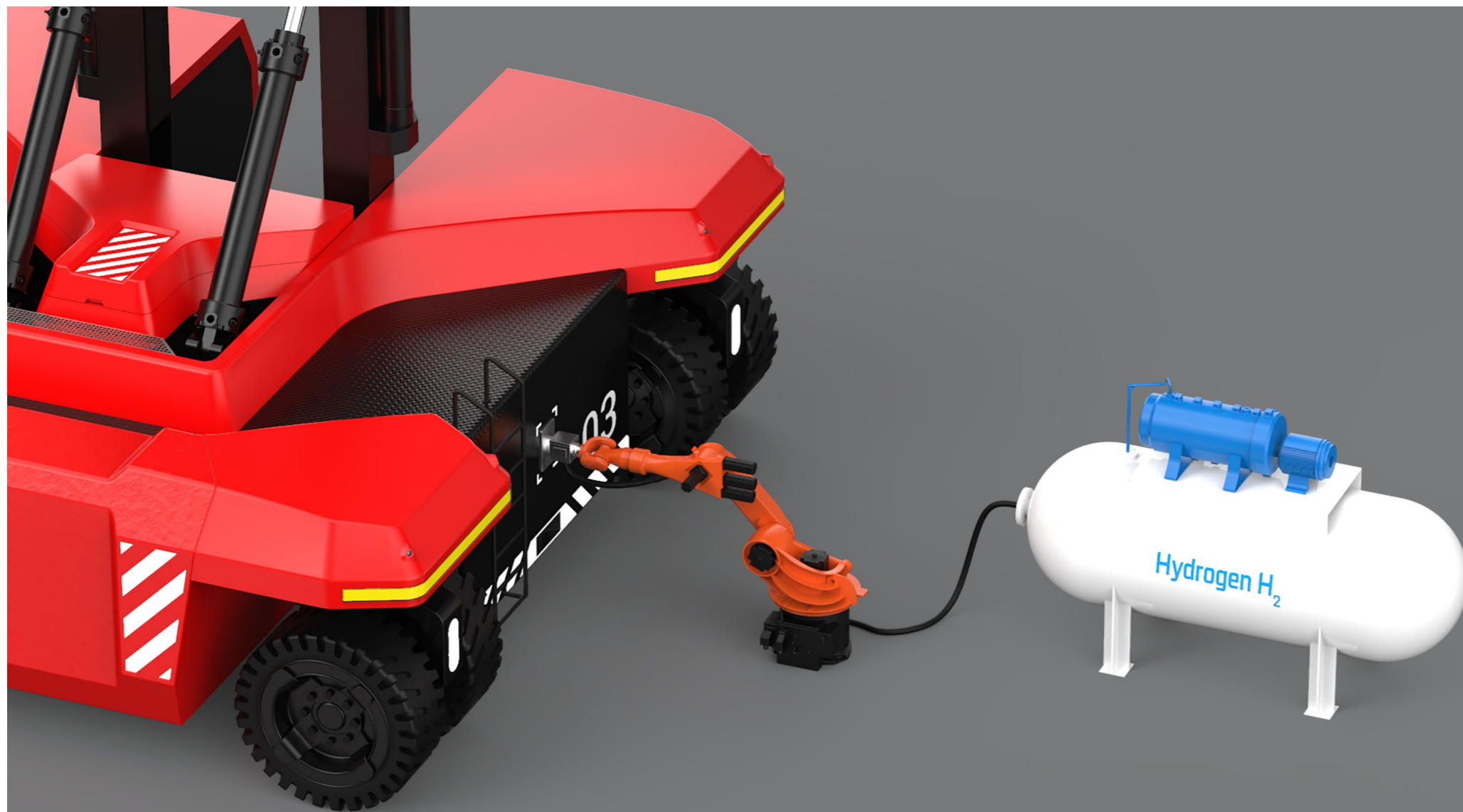
## SENZORY

Pro správnou funkci autonomního systému je stěžejní naprosto dokonalá analýza prostoru před, za a okolo vozidla. Nesmějí tak vznikat slepá místa, která by mohla způsobit jakoukoliv nehodu. Jelikož jde o vozidlo, které se pohybuje do všech směrů, je zde míra bezpečnosti ještě posílena. Správný pohyb zajišťují 3D LIDAR senzory a doplňuje je deset kamer. LIDAR senzory jsou umístěny na každé straně stroje. Senzory od firmy SICK disponují technologií vícenásobného odrazu, která si dokáže výborně poradit v nepříznivých podmínkách, jako je déšť, prach a mlha. Hlavních

osm kamer je umístěno v rozích ramen těla manipulátoru. Zbylé dvě jsou součástí uchopovacích mechanismů spreaderu. Dokáží rozpoznat různé typy kontejnerů, otvory pro zámky a identifikační čísla. Kamery mají rozsah 120° a viditelnost do 60m. Díky nim je stroj schopný se učit a velice efektivně se pohybovat v prostředí. K pohybu v prostředí také slouží GPS, která je umístěna v řídicí jednotce. Operátor tak přesně vidí, kde se stroj aktuálně nachází.

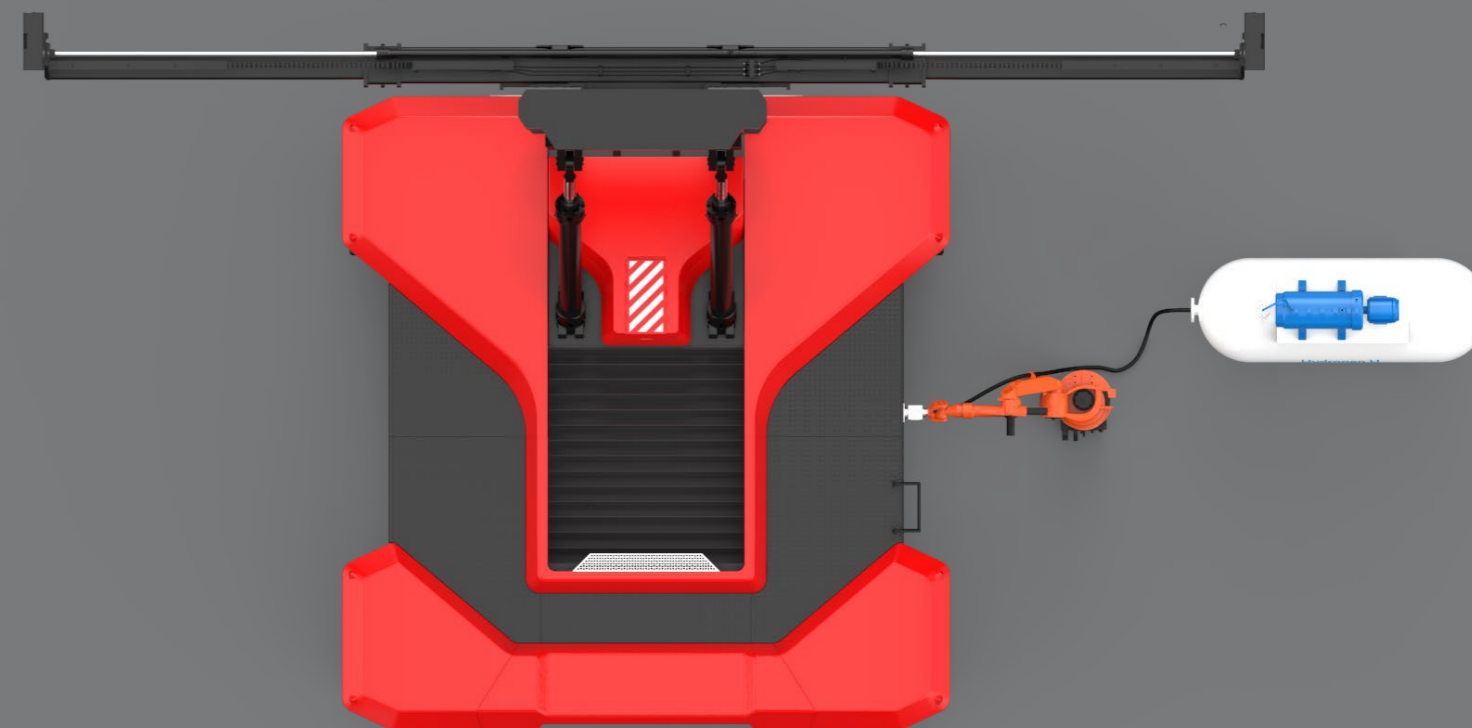






## TANKOVÁNÍ VODÍKU

Vodík se považuje za palivo budoucnosti v odvětví těžkých strojů a nákladní dopravy. Za správných podmínek je jeho výroba plně ekologická. Doba tankování (okolo 15 minut) a následná výdrž (cca 8 hodin) se dokáže vyrovnat současně používaným fosilním palivům. Již nyní jsou projekty, které zavádějí vodíkový pohon do přístavů. Jde o ideální uzavřené prostředí, které může disponovat vlastními vodíkovými stanicemi. Manipulátor lehkých a středně těžkých kontejnerů spotřebuje za den 25kg vodíku. Na toto množství jsou také koncipovány nádrže v navrhovaném stroji. Doplnění paliva probíhá plně automaticky. Tankovací stanice jsou vybaveny tankovacími roboty. V průběhu tankování svítí na stroji signalizační světla oranžovou barvou.





#### DALŠÍ BAREVNÉ VARIANTY

Výrobci manipulační techniky používají výrazné barvy, jako je červená, žlutá, oranžová a další. Má to své opodstatnění. Stroje jsou mimo jiné lépe vidět i za zhoršených viditelnostních podmínek. Na této i následující straně jsou ukázky aplikací logotypů a barev dalších významných výrobců zabývajících se manipulací kontejnerů.



#### HYSTER

žlutá: RAL 1018  
černá: RAL 9011  
bílá: RAL 9010

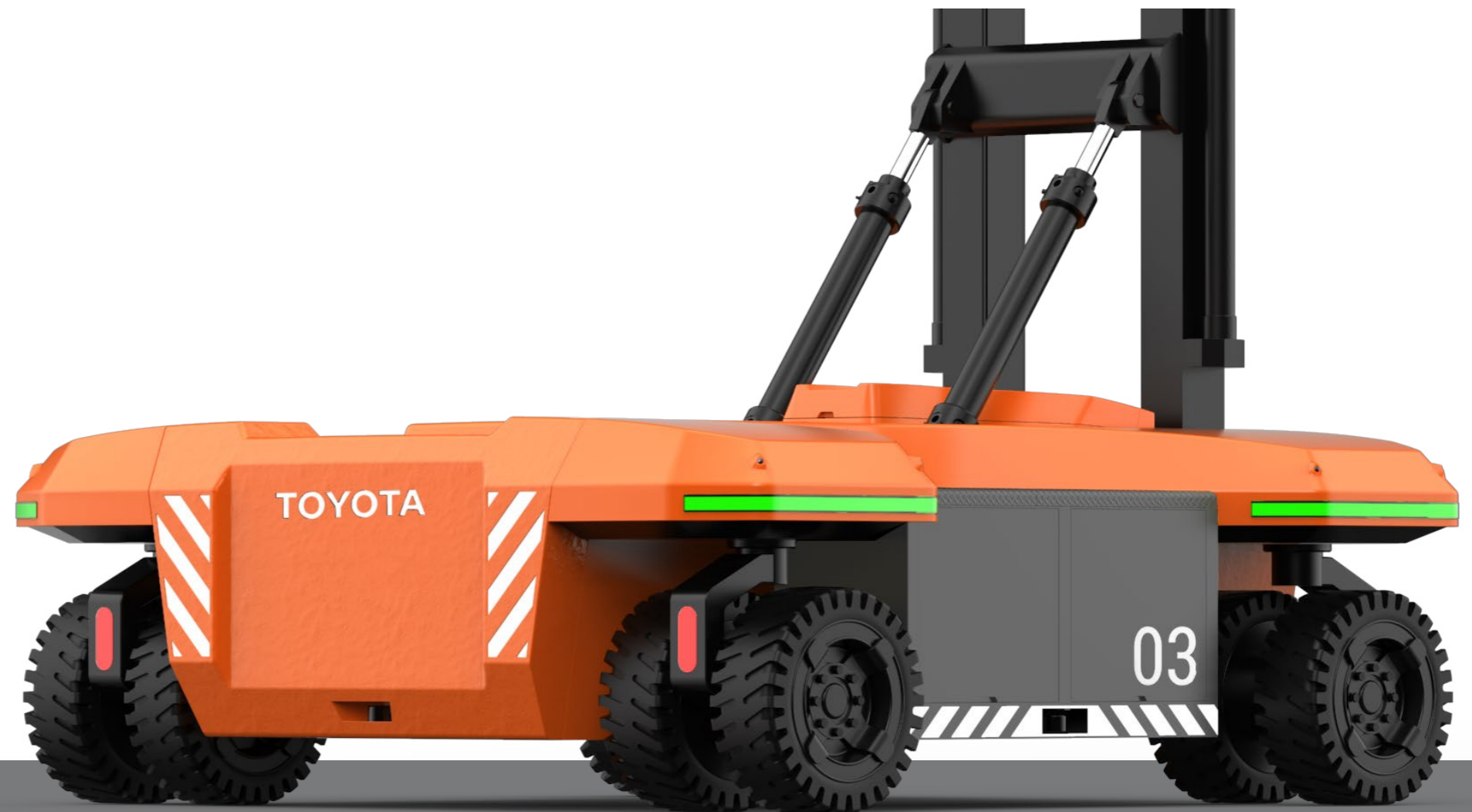
TOYOTA

oranžová: RAL 2009

šedá: RAL 7024

černá: RAL 9010

bílá: RAL 9010



CVS FERRARI

bílá: RAL 9003

červená: RAL 3000

černá: RAL 9011



Hapag-Lloyd

Hapag-Lloyd

Hapag-Lloyd

APL

03

KRLARR



03

02

03

MAERSK

OOCL

Scherming

MAERSK

tex

tex

MAERSK

COSCO

MAERSK

MAERSK

MAERSK

MAERSK

MAERSK

SEA-LAND



## ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá designérským návrhem autonomního manipulátoru lehkých a středně těžkých kontejnerů. Jde o koncepční návrh, který se zamýšlí nad budoucností této průmyslové oblasti v horizontu deseti a více let. S každoročním nárůstem přepravy totiž roste i poptávka po efektivitě skladování, plynulosti systémů a bezpečnosti práce.

Předpokládá se, že okolo roku 2030 dojde v přístavech a terminálech k úplné automatizaci. Jeden operátor bude schopný ovládat několik strojů současně. Celý systém bude více propojený a mnoho operací bude probíhat plynuleji. Přístavy budoucnosti totiž budou pracovat nepřetržitě a díky již zmíněné vyspělosti systémů a strojů budou schopny pojmout více kontejnerů, než je tomu dnes. Samozřejmě také budou alternativní pohony, který budou využívat jak lodě, tak manipulátory. Stroje se budou díky autonomnímu řízení schopny učit a reagovat na přicházející špičky.

Má práce všechny tyto poznatky v analytické části shrnuje a rozvádí, ale zároveň analyzuje současný stav a chod terminálů, manipulátorů a kontejnerů. Výsledný návrh vychází z analytické části a drží se stanovených kritérií jak již konstrukčních, tak tvarových - odolnosti, spolehlivosti, bezpečnosti, nadčasovosti, čistoty tvaru a všesměrového pohybu. Během procesu návrhu jsem si prošel jednotlivými tvůrčími fázemi. Od skicování přes ověřování skic pomocí clay modelů a 3D modelů v počítači. V rámci tvůrčího procesu jsem se několikrát vracel a precizoval vybranou variantu. Ta na začátku postrádala výraz a ergonomii - nedovolovala např. takový komfort servisnímu technikovi, což se mi následně podařilo zlepšit. Po tvarové straně má navržený manipulátor průbojnější charakter, který je navozen jednotlivými úhly a zkosením ploch. Pomocí tohoto přístupu je také docíleno robustnosti a odolnosti. Servisní vstupy jsou umístěny na bocích a jsou opatřeny dveřmi, které se otevírají směrem nahoru. Dost široká pochozí plošina vyrobená z protiskluzového plechu zajišťuje komfortní a bezpečný pohyb. Tu servisní technik využívá v případě servisu řídicí jednotky nebo sundávání sklolaminátových krytů elektromotorů. Přístup na plošinu je řešen pomocí žebříku.

Stroj je poháněn vodíkovým pohonem, který je ideální pro těžké stroje. Jde o palivo, které je momentálně na vzestupu a začíná se dostávat do širšího povědomí. Velkou výhodou vodíku je jeho výkonnostní stálost a doba tankování, která se dá srovnat s tankováním nafty.

Celý projekt byl pro mě osobně velmi přínosný. Bavilo mě dostávat se hlouběji a hlouběji pod povrch tématu, zkoumat fungování kontejnerové přepravy, manipulace a kontejnerových terminálů obecně. Zároveň jsem rád, že jsem získal zkušenost s takto komplexním návrhem.

## ZDROJE

1. Historie přepravních kontejnerů. Container loading and truck loading software EasyCargo [online]. Dostupné z: <https://www.easycargo3d.com/cs/blog/historie-prepravnich-kontejneru/>
2. Kontejner: Nepostradatelný pomocník armády | ArmadniNoviny.cz. [online]. Copyright © 2018 [cit. 26.03.2021]. Dostupné z: <https://www.armadninoviny.cz/vojenske-kontejnery-historie-a-soucasnost.html>
3. Naval Gazing Main/Merchant Ships - General Cargo. Naval Gazing Main/Naval Gazing [online]. Dostupné z: <https://www.navalgazing.net/Merchant-Ships-General-Cargo>
4. The History of Containerization and its Impact on the Shipping Industry. ShipLilly | Warehousing, Transportation + Logistics [online]. Copyright © 2016 LILLY [cit. 26.03.2021]. Dostupné z: <https://www.shiplilly.com/blog/the-history-of-containerization-and-its-impact-on-the-shipping-industry/>
5. Wig-Wag, LLC (Wig-Wag-Trains.com) PC-90 Piggy-Packer Product Page. Wig-Wag, LLC Home Page [online]. Dostupné z: <http://www.wig-wag-trains.com/W-o-T/PC-90-Piggy-Packer.html>
6. 50 years of Kombiverkehr. About us Page [online]. Dostupné z: [http://www.kombiverkehr.de/en/about\\_us/50\\_years\\_of\\_Kombiverkehr/](http://www.kombiverkehr.de/en/about_us/50_years_of_Kombiverkehr/)
7. KALMAR – komplexní řešení manipulace s kontejnery | Stavební technika. Stavební technika – stroje, vozidla pro stavebnictví, manipulační technika, nářadí | Stavební technika [online]. Copyright © 2002 [cit. 27.03.2021]. Dostupné z: <https://www.stavebni-technika.cz/clanky/kalmar-komplexni-reseni-manipulace-s-kontejnery>
8. What is Container Spreaders - Solutions to handle all type of containers. Handing equipment for all types containers | Container Spreaders [online]. Dostupné z: <https://www.containerspreaders.com/glossary/container-spreaders/>
9. Loaded Container Handler | Kalmarglobal. Kalmar Global | Kalmarglobal [online]. Copyright © 2021 Cargotec [cit. 27.03.2021]. Dostupné z: <https://www.kalmarglobal.com/equipment-services/masted-container-handlers/loaded-container-handlers-DCF/>
10. New Kalmar Empty Container Handler at CDM. | Kalmarglobal. Kalmar Global | Kalmarglobal [online]. Copyright © 2021 Cargotec [cit. 27.03.2021]. Dostupné z: <https://www.kalmarglobal.com/customer-cases/all-customer-cases/cdm-munich/>
11. Big Trucks Including Heavy Duty Trucks and Reach Stackers by Hyster. [online]. Copyright © [cit. 28.03.2021]. Dostupné z: <https://www.hyster.com/emea/en-gb/product-range/product-overview/container-handlers/reach-stackers/>
12. Prozkoumat svět - Přístav budoucnosti - Dokument CZ HD - vědecké dokumenty - YouTube. YouTube [online]. Copyright © 2021 Google LLC [cit. 28.03.2021]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=Flzu2PmZyMw&ab\\_channel=AlejandroParra](https://www.youtube.com/watch?v=Flzu2PmZyMw&ab_channel=AlejandroParra)
13. AGV | Konecranes Australia & New Zealand. Overhead Cranes | Port Cranes | Crane Parts | Crane Services | Konecranes [online]. Copyright © 2021 Konecranes. All rights reserved. [cit. 28.03.2021]. Dostupné z: <https://www.konecranes.com/en-au/equipment/container-handling-equipment/automated-guided-vehicles/agv>
14. Next level remote operations – the remote crane operator and beyond. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © Copyright 2021 ABB [cit. 28.03.2021]. Dostupné z: <https://new.abb.com/news/detail/24698/next-level-remote-operations-the-remote-crane-operator-and-beyond>
15. Future Material Handling|How might we improve empty container handling in automation? [online]. Dostupné z: [http://www.s3files.core77.com/files/pdfs/2018/76616/786813\\_GA87tEtOO.pdf](http://www.s3files.core77.com/files/pdfs/2018/76616/786813_GA87tEtOO.pdf)
16. ANT - Patrick Krassnitzer. Work - Patrick Krassnitzer [online]. Copyright © Patrick Krassnitzer 2020 [cit. 28.03.2021]. Dostupné z: <http://www.patrickkrassnitzer.com/project/ant>
17. Kalmar Port 2060 vision - YouTube. YouTube [online]. Copyright © 2021 Google LLC [cit. 29.03.2021]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=1xaKAYmBgQ4&ab\\_channel=KalmarGlobal](https://www.youtube.com/watch?v=1xaKAYmBgQ4&ab_channel=KalmarGlobal)
18. Kalmar defines the future | Kalmarglobal. Kalmar Global | Kalmarglobal [online]. Copyright © 2021 Cargotec [cit. 29.03.2021]. Dostupné z: [https://www.kalmarglobal.com/news--insights/articles/2019/20190611\\_defining-the-future/](https://www.kalmarglobal.com/news--insights/articles/2019/20190611_defining-the-future/)
19. The Kalmar Future Generation | LECTURA Press. [online]. Copyright © 1984 [cit. 29.03.2021]. Dostupné z: <https://lectura.press/en/picture/the-kalmar-future-generation/42266>
20. The Kalmar Project. Object moved [online]. Dostupné z: <http://www.uid.umu.se/en/education/programmes/mfa-in-advanced-product-design/projects/projects-2017/the-kalmar-project/>
21. 3D-LiDAR senzory | MRS1000 | SICK . 301 Moved Permanently [online]. Copyright © 2021 SICK AG [cit. 30.03.2021]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/reseni-mericich-a-detekcnich-aplikaci/3d-lidar-senzory/mrs1000/c/g387152>
22. Technologie v autech: hardware pro autonomní jízdu | fDrive.cz. fDrive.cz – Elektromobily, autonomní řízení a doprava budoucnosti [online]. Copyright © 2021 24net s.r.o. Všechna práva vyhrazena. [cit. 03.05.2021]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/technologie-v-autech-hardware-pro-autonomni-jizdu-367>
23. Přehled vývoje autonomních vozidel|Vysoké učení technické v Brně [online]. Copyright © [cit. 03.05.2021]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=192627](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=192627)

24. Triple Forward Camera from Tesla Model 3 - System Plus Consulting. Home - System Plus Consulting [online]. Copyright © Copyright 2021 SYSTEM PLUS CONSULTING SARL | Tous droits réservés | [cit. 03.05.2021]. Dostupné z: <https://www.systemplus.fr/reverse-costing-reports/triple-forward-camera-from-tesla-model-3/>
25. Maintenance manual DRF 400 – 450: KALMAR GLOBAL [online]. Helsinki: Cargotec Finland [cit. 30.03.2021]. Dostupné z: <https://s6dc2dc82dd3d959c.jimcontent.com/download/version/1549527645/module/8252046915/name/KALMAR%20DRF%20400-450%20Maintenance%20Manual.pdf>
26. Kalmar ECH Brochure | Kalmarglobal [online]. Copyright © [cit. 19.05.2021]. Dostupné z: [https://www.kalmarglobal.com/showrooms/ECH/Kalmar\\_ECH\\_Brochure.pdf](https://www.kalmarglobal.com/showrooms/ECH/Kalmar_ECH_Brochure.pdf)
27. Kalmar Electric Empty Container Handler ECG70 | Kalmarglobal. Kalmar Global | Kalmarglobal [online]. Copyright © 2021 Cargotec [cit. 30.03.2021]. Dostupné z: <https://www.kalmarglobal.com/equipment-services/masted-container-handlers/electric-empty-handler-ECG70/>
28. Řešení s palivovými články od Toyoty | Magazín T-Way. T-Way | Magazín o logistice, skladování a manipulační technice [online]. Copyright © 2020 Toyota Material Handling CZ s.r.o. [cit. 31.03.2021]. Dostupné z: <https://t-way.cz/produkty-a-sluzby/reseni-s-palivovymi-clanky-od-toyoty/>
29. Alternative Fuels Data Center: How Do Fuel Cell Electric Vehicles Work Using Hydrogen?. EERE: Alternative Fuels Data Center Home Page [online]. Dostupné z: <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-fuel-cell-electric-cars-work>
30. H2PORTS - FUEL CELLS AND HYDROGEN | Newsletter [online]. Copyright © [cit. 01.04.2021]. Dostupné z: <https://h2ports.eu/wp-content/uploads/2020/05/H2PORTS-Newsletter-1-May-2020.pdf>
31. Fuels - Drive Energy. [online]. Copyright © 2021 [cit. 01.04.2021]. Dostupné z: <http://drive-energy.se/en/technology/fuels/>
32. The Fuelmatics Automatic Petrol Refueling System. For All Lovers Of Innovation, Science And Technology | Sia Magazin [online]. Copyright © Sia Magazin [cit. 01.04.2021]. Dostupné z: <https://siamagazin.com/the-fuelmatics-automatic-petrol-refueling-system/>
33. Robofuel - Robotic Refuelling of Mining Dump trucks » Scott. SCOTT - Automation + Robotics » Scott [online]. Dostupné z: <https://www.scottautomation.com/products/robofuel/>
34. Motor v kolech. Je ideálním řešením pro elektromobily? – Nazeleno.cz. Nazeleno.cz – Chytrá řešení pro každého [online]. Copyright © 2018 [cit. 01.04.2021]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/technologie-1/hybridy-a-elektromobily/motor-v-kolech-je-idealnim-resenim-pro-elektromobily.aspx>
35. Technology - Protean : Protean. Homepage - Protean : Protean [online]. Copyright © 2021 Protean Designed by [cit. 01.04.2021]. Dostupné z: <https://www.proteanelectric.com/technology/#protean-360plus>
36. Druhy přepravních kontejnerů (a jaký si vybrat). Container loading and truck loading software EasyCargo [online]. Dostupné z: <https://www.easycargo3d.com/cs/blog/druhy-prepravnich-kontejneru-a-jaky-si-vybrat/>
37. Typy kontejnerů | Metrans a.s. [online]. Copyright © 2020 METRANS, a.s. [cit. 07.04.2021]. Dostupné z: <https://prodej-kontejnery.cz/content/types>
38. Flat Rack Containers - Types, Specifications And Dimensions. [online]. Copyright © 2010 [cit. 07.04.2021]. Dostupné z: <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/flat-rack-containers/>
39. IndiaMART - Indian Manufacturers Suppliers Exporters Directory, India Exporter Manufacturer [online]. Copyright © Victor [cit. 07.04.2021]. Dostupné z: <https://www.indiamart.com/victor-co/reefer-container.html>



[www.jstarek.cz](http://www.jstarek.cz)